Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Januar / Februar
1-2 / 2007
€ 6,50 / sFr 12,50

BAUSTELLE IM ORBIT

Die letzten Shuttleflüge entscheiden über die Raumstation

35 JAHRE ROVER

Die faltbaren Mondautos der Apollo-Astronauten

1 x 1 DER STERNE

Was ihre Erforschung über das Schicksal unserer Sonne verrät

60463

02

4 196046 306506

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Die Schulbank drücken … für WiS!

Liebe Leserinnen und Leser, auch in dieser Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE bieten wir didaktisches Material für das Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« an. Unser Artikel »Einmaleins der Sterne« ist der insgesamt achte Beitrag, der Lehrern und Schülern kostenlos unter www.wissenschaft-schulen.de für den Unterricht in der gymnasialen Mittelstufe zur Verfügung steht.

Aber darin erschöpft sich unsere Beteiligung an dem Programm, das von der Klaus-Tschira-Stiftung gefördert wird, noch lange nicht. Ende Oktober fand an der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen ein Workshop statt, bei dem Pädagogen, aber auch Schüler mit dem Material gearbeitet haben – ein Praxistest unter fast realen Bedingungen also.

Mit diesem Treffen wurde gleich dreierlei erreicht: Die Teilnehmer haben sich mit den Beiträgen vertraut gemacht, sie erhielten Anregungen, worauf beim Erstellen solcher Materialien besonders zu achten ist, und die Redaktionen von Sterne und Weltraum sowie von ASTRONOMIE HEUTE präsentierten ihnen den aktuellen Stand der Forschung zum Thema »Milchstraße«. So kamen die Teilnehmer in persönlichen Kontakt mit den »Machern« der Artikel, die die Grundlage für die WiS!-Beiträge bilden.

Doch damit nicht genug. Wenn Lehrer die Faszination der Astronomie als Wissenschaft und Hobby vermitteln wollen, müssen sie diese natürlich selbst empfinden. So stellte Projektleiter Olaf Fischer nach Einbruch der Dunkelheit seinen Refraktor auf dem Parkplatz auf und zog damit auch gleich zahlreiche Teilnehmer anderer Akademieseminare an. Wegen der störenden Parkplatzbeleuchtung blieb uns die Beobachtung manch spektakulärer Objekte verwehrt, aber die ausgewählten Doppelsterne, der Mond und die Andromeda-Galaxie M 31 sorgten dann doch für viele Ahs und Ohs.

Reinschnuppern können Sie aber auch anders – als Praktikant der Redaktion. Auch 2007 bieten wir wieder Plätze an, und das mit Erfolg: Fast alle der Absolventen sind in irgendeiner Form weiterhin für ASTRONOMIE HEUTE tätig. Wenn Sie sich für Astronomie begeistern und sich für den Beruf des Wissenschaftsjournalisten interessieren, freuen wir uns auf Ihre Bewerbung. Schicken Sie sie per E-Mail an b.feuerstein@spektrum.com oder per Post an die Verlagsadresse (siehe Impressum, S. 98).

Herzlichst, Ihr

ALLE FOTOS: WIS!, OLAF FISCHER

Monika Maintz bei ihrem Einführungsvortrag über die Milchstraße

Lehrer machen Hausaufgaben – Teamwork war gefragt!

Alle Theorie ist grau. Also nichts wie raus, ans Teleskop …

INHALT

WISSEN

Astro News 10
Tod im Weltraumlift, Raumfahrt-vorschau 2007

▶ **Volles Programm** 16
Bis 2010 sollen die Spaceshuttles die Raumstation fertigstellen

Staubsammler 24
Ein riesiger Filter im All soll als Schmutzfänger dienen

▶ **Einmaleins der Sterne** 30
Was uns Farben und Größen über ihre Entwicklung verraten

▶ **Auf großer Fahrt** 36
Die Entwicklung des ersten Mondautos vor 35 Jahren

BEOBACHTUNG

Highlight 40
Veränderliche: unstete Sterne

Schauplatz Mond 44
Falsche Vulkankrater

Feldstechertipp 46
M 35: zu Füßen der Zwillinge

Planetarium 47
Wandelsterne zum Frühstück

Sterntafel 50
Übersichtskarten des Nachthimmels

Deep Sky 52
Das sieben Schwestern

Südhimmel 54
Haufenweise Sterne

SZENE

Unterwegs I 61
Babelsberg – von Preußen bis heute

Interview 64
Professorin Lisa Randall: Wir, die Flächenwesen

Porträt 68
John Dobson kam nach Süddeutschland

Kippenhahns Sternstunde 72
Wie uns der Mars dreimal enttäuschte

Unterwegs II 74
Spiegelguss bei Schott: Durch das Feuer zu den Sternen

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

30

wis wissenschaft in die schulen!

Stellare Vielfalt

Wenn wir uns ferne Sterne anschauen, lernen wir eine Menge über den lodernden Gasball vor unserer Haustür: die Sonne

TITEL 16

NASA

Baustelle im Orbit Ohne die letzten 14 Flüge der Spaceshuttles bliebe die Internationale Raumstation auf immer unvollendet

24

NASA

Klein, aber fein

Für Forscher sind sie überaus kostbar: winzige Staubpartikel aus dem All. Schon bald soll ein Experiment auf der ISS die Körnchen massenhaft einfangen

36

NASA

Mondrover

Die Apollo-Astronauten erkundeten mit diesen Geländewagen die Oberfläche des Erdtrabanten

ILLUSTRATION: NIGHT SKY, CASEY B. REED

Gestatten, Dobson!

68

Der Grandseigneur der Sterngucker revolutionierte die Amateurastronomie. Jetzt war er in Deutschland

HOLGER STREHLOW / PHOTO UNIVERSAL; FELLBACH

Verborgene Universen

Weniger als einen Millimeter von uns entfernt könnte sich ein Parallelkosmos befinden, den wir nicht bemerken. Die Physikerin Lisa Randall erklärt, warum

64

RICK FRIEDMAN

MICHAEL FRIEDRICH

Wo es einsam ist

61

Die königlich-preußische Sternwarte stand einst mitten in Berlin. Dort konnte sie nicht bleiben: Die Stadt störte. Chronik einer Flucht

TIPPS

AH-Junior 78
Sonja & Lunic besuchen den innersten Planeten: Merkur

Astrofotografie 82
Wie eine normale Spiegelreflex- zur Deep-Sky-Kamera avanciert

Hochglanz 85
Der zweite Teil unserer Serie: Astrofotos mit mehreren Ebenen

Glanzlichter 86
Die Ergebnisse vieler langer Nächte

Screenshot 90
Virtual Moon Atlas – ein kostenloses Kartenwerk für Ihren Computer

Bücher 92
… für kleine und große Astronomen

TV & Events 94
Veranstaltungen und Fernsehtipps

Editorial 3 • Leserbriefe 8 • Leser fragen – Experten antworten 9 • Kleinanzeigen 95 • Preisrätsel 96 • Astromarkt 97 • Vorschau / Impressum 98

Titelbild: Mit der STS-114-Mission des Spaceshuttles Discovery wurden 2005 die Flüge zur ISS wieder aufgenommen

Titelmotiv: Nasa; unten links: Nasa; unten rechts: Night Sky, Casey B. Reed

Jahrbücher für Sternfreunde

Gleich zwei astronomische Jahrbücher bieten wir Ihnen an: »Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2007« für den fortgeschrittenen Amateurastronomen und den »Himmel 2007« für alle Neueinsteiger in das faszinierende Hobby Astronomie. Sie erhalten beide Jahrbücher im gut sortierten Buchhandel oder über www.spektrum.de/lesershop

NEUHEITEN

Spektrum der Wissenschaft

Astronomieprofessor Gregory Laughlin erzählt die Geschichte der Exoplanetenforschung – und wie der Kenntnisstand der Wissenschaftler gegenwärtig ist

Sterne und Weltraum Special

Erkunden Sie unsere kosmische Heimat – Dieser Band zeichnet das neue Bild der Milchstraße

Sterne und Weltraum

Themen: Bei ihrer Geburt werden Neutronensterne auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt; weltweit erwarten sechs Messanlagen die ersten Signale der Gravitationswellen; im Oktober überraschte Komet Swan mit einem Helligkeitsausbruch

Kosmopod

KOSMOpod
STERNE UND WELTRAUM
ASTRONOMIE HEUTE

Das Neueste aus den Redaktionen von ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum finden Sie auch als MP3-Datei unter www.kosmopod.de

Planeten unter fremden Sonnen

Aus der Beobachtung von inzwischen über 200 fernen Welten lernen die Astronomen, wie Planetensysteme entstehen und sich entwickeln. In Spektrum der Wissenschaft, Dezember 2006, S. 72, www.spektrum.de/artikel/855963

Unsere kosmische Heimat

Welches ist unser Platz im Milchstraßensystem? Wie sieht die sonnennahe Umgebung in der Galaxis aus? Was wissen wir über Struktur und Entwicklung der Milchstraße? Dieses »Special« gibt Antworten! Im Handel ab 22. 12. 2006. Mehr unter www.suw-online.de

Supernovae

Simulationen von Supernova-Explosionen zeigen, dass hierbei heftige Plasmaströme aufkommen, die den entstehenden Neutronenstern enorm beschleunigen können.
Titelthema in Sterne und Weltraum 1/2007, im Handel ab 19. 12. 2006, www.suw-online.de

Kalender für 2007

Das nächste Jahr steht vor der Tür, und damit wird es höchste Zeit, an einen neuen Kalender zu denken. Die Redaktionen der Zeitschriften ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum präsentieren wieder die spektakulärsten Aufnahmen im Kalender »Himmel und Erde«!
Zu beziehen über www.spektrum.de/lesershop

Wir haben das komplette Sky-Watcher-Programm auf Lager! Hier nur einige Beispiele ...

Reflektoren

114/900 EQ-2	119,-	130/900 EQ-2	149,-
150/1200 EQ-3-2	249,-	200/1000 EQ-5	449,-

Refraktoren

120/600 AZ-3	349,-	102/1000 EQ-3-2	329,-

EQ-6-Geräte - optional mit GoTo

Die EQ-6 Montierungen bieten sehr hohe Stabilität - auch für die Astrofotografie! Upgradefähig auf GoTo.

Newton-Reflektor	254/1200 EQ-6	1289,-
Refraktor	150/1200 EQ-6	1289,-

Bitte fragen Sie uns nach den aktuellen TAGESPREISEN!

NEU: Sky-Watcher ProSeries
mit HEQ-5 Pro Montierung mit SynTrek-GoTo
Spitzenoptiken auf stabilen Montierungen mit GoTo-Computersteuerung - alles in einem sehr edlen Design mit goldfarbenem Tubus!

Maksutov	150/1800 HEQ-5 Pro	1299,-
Maksutov	180/2700 HEQ-5 Pro	1999,-
ED-Refraktor	80/600 HEQ-5 Pro	1299,-
ED-Refraktor	100/900 HEQ-5 Pro	1599,-
ED-Refraktor	120/900 HEQ-5 Pro	2499,-

Variabler Farb- und Polarisationsfilter

*Wir können Ihnen eine **Weltneuheit** anbieten - ein variabler Farb-und Polarisationsfilter in einem - Dieser Filter **ersetzt über 8 Filter** und erspart so Platz und natürlich auch eine erhebliche finanzielle Investition - und das bei voller Abbildungsqualität. Die Einstellungen sind stufenlos. Sie haben somit eine hohe Zahl verschiedener Filtermöglichkeiten: 1) Ein variabler **Polfilter** zur Helligkeitsreduzierung bei Mond und Planeten 2) Variable **Reduzierung des Farbfehlers** von Refraktoren 3) Stufenloser **Gelb-, Gelb/Grün- und Blaufilter**. Verwendbar an fast allen Teleskopen.* Sonderpreis 44,-

Zubehör-Koffer

Sparen Sie jetzt weit über 100,- € mit diesem einzigartigen Zubehör-Set!

nur 199,-

NEU: Software RedShift 6.0

Bei uns versandkostenfrei!

Nie war es einfacher, Einsteigern und Hobbyastronomen die Wunder des Nachthimmels näher zu bringen. Alles, was Sie dazu brauchen, ist im Programm enthalten. **Jetzt sogar mit Teleskop-Steuerung!**

nur 79,90

NEU: Sky-Watcher Equinox

Durch Einsatz von **ED-Glas** fast ohne Farbfehler, dafür scharf und kontrastreich. Okularauszug mit 1:10 Mikrountersetzung

ED 66 APO nur 379,-
ED 80 APO nur 649,-

NEU: EQ-6 Pro Montierung

*Diese neue Montierung von Sky-Watcher setzt **neue Maßstäbe** im moderaten Preisbereich! SynTrek GoTo-System, Stahlrohrstativ, Polsucher uvm.*

EQ6 Pro 1499,-

Vixen SkyPod Teleskope mit GoTo!

Die neue kompakte und mobile **GoTo-Montierung** mit dem modifizierten Starbook S überträgt Vixens **einzigartiges Steuerungskonzept** von der Sphinx-Montierung jetzt auch **auf ein reisefähiges Teleskop.** Als Optik wird zunächst ein komplett neu entwickelter VMC110L-Field-Maksutov-Reflektor angeboten.

Sehr empfehlenswert für alle GoTo-begeisterten Einsteiger und Reisenden! nur 949,-

Astroshop.de

Der **Astronomie-Fachversand** mit dem riesigen Sortiment - in unserem komfortablen Online-Shop finden Sie **über 3000 Artikel.** Natürlich bieten wir auch eine **kompetente Beratung** durch unsere erfahrenen Mitarbeiter, die selber engagierte Hobby-Astronomen sind.

www.Astroshop.de

Bresser MESSIER

Hohe Qualität zum kleinen Preis!
Die Teleskope der neuen Bresser MESSIER Serie bieten große Optiken und stabile Montierungen - zu überraschend günstigen Preisen. Tuben aus Metall mit multivergüteten Optiken, **stabile Montierungen und Stahlstative** sowie 2"-Okularauszüge und leistungsfähige Sucher machen das Beobachten zu einem wirklich angenehmen Erlebnis. Mitgeliefert wird ein **umfangreiches Zubehör**, u.a. drei Plössl-Okulare, 2-fach-Barlowlinse und eine LED-Rotlichtlampe.

Reflektoren		Refraktoren	
N-130	225,-	R-90	245,-
N-150	395,-	R-102	475,-
N-203	495,-	R-127L	645,-
		R-127S	675,-
		R-152S	845,-

Beratung und Bestellung

E-Mail: Service@Astroshop.de
Telefon: +49-(0)8191-91597-3
Fax: +49-(0)8191-91597-4
Ausstellungsräume in Landsberg bei München!

Eine große Auswahl an Ferngläsern!

Bresser Spezial Saturn 20x60	128,-
20x80 Großfernglas	129,-
20x80 Großfernglas Triplet mit Tragetasche	189,-
25x100 Großfernglas mit Tragetasche	299,-
Canon 18x50 mit Bildstabilisator	1379,-

Ferngläser für Tag- und Nachtbeobachtung:

Seben 7x50 Nachtaktiv	29,90
Bushnell Trophy 10x27	99,-
Bresser Spezial Zoomar 12-36x70	148,-
Bushnell Trophy 10x42	199,-
Leica Ultravid 12x50	1850,-

2"-Okular-Sets

Besonders günstige 3er-Okular-Sets zum Sparen!

Reversed Kellner	99,-
Wide Angle	149,-

Unser großes ZUBEHÖR-Programm - schnell bestellt, schnell geliefert ...

Super-Plössl-Okulare von 6,3mm bis 40mm Brennweite	ab 29,-	2x-Barlow-Linse 1,25" achromatisch	19,90
Long-Eye-Okulare mit 20mm Augenabstand	ab 39,-	3x-Barlow-Linse 1,25" achromatisch	19,90
Ultra-Wide-Angel-Okulare von 6mm bis 20mm Brennweite mit 66° Eigengesichtsfeld	ab 49,-	2x-Barlow-Linse 1,25" mit Kamera-Adapter	39,90
2"-APEX-Okulare, multivergütet mit Gummiaugenmuscheln	ab 69,-	**Mondfilter - SONDERPREIS**	9,-
Elektronisches PC-Okular von Bresser	99,-	Alu-Koffer für Okulare u.a. Zubehör	39,90
		LED-Rotlichtlampe	9,90

NIGHT SKY, GARY SERONIK

Wo ist oben und wo unten?

Manchmal werden Bilder von Himmelskörpern spiegelverkehrt abgedruckt. Das kann irritieren.

Spiegelverkehrt

Wenn man Fotos von Himmelskörpern in verschiedenen Büchern und Zeitschriften vergleicht, sieht man sie einmal so und ein andermal spiegelverkehrt abgebildet. In einem Buch ist sogar der Erdmond auf dem Kopf dargestellt. Vielleicht wäre es gut, Buchstaben oder Zahlen abzubilden, damit der Leser hinterher weiß, wie er die Aufnahmen drehen soll.

Stefan Schichtar, Wien

Antwort der Redaktion:
Verschiedene Teleskope sind mit unterschiedlichen Optiken ausgestattet. Daher unterscheiden sich auch die Bilder, die sie liefern. Im Vergleich zum Fernglas dreht ein Newton-Spiegelteleskop die Ansicht um 180 Grad. Manche Linsenteleskope vertauschen rechts und links oder oben und unten.

Außerdem gibt es im Weltall keine Vorzugsrichtung. Fernab der Himmelskörper wirkt weder eine Gewichtskraft noch findet man ausgedehnte Flächen wie die Erdoberfläche, die es ermöglichen, ein Oben, Unten, Rechts oder Links zu definieren. Alle Perspektiven sind gleichberechtigt. In AH vermerken wir nur die Ausnahmefälle, bei denen die Ansicht gedreht oder gespiegelt ist (siehe oben).

Gesamtinhaltsverzeichnis

Gibt es die Möglichkeit, ein Gesamtinhaltsverzeichnis – zum Beispiel pro Jahrgang (wie Sterne und Weltraum es seit Langem anbietet) – zu erhalten, per Download oder Ähnliches? Da ich gern Artikel, Darstellungen unter anderem in meinem Unterricht einsetze, muss ich bei der Menge an Ausgaben seit 2003 ganz schön suchen.

Gunther Loof, per Internet

Antwort der Redaktion:
Bisher wurde auf einen Jahres- oder Gesamtindex aus Kostengründen verzichtet. Derzeit wird an einer Suchfunktion auf den Webseiten gearbeitet, die ein solches Verzeichnis zusammenstellt. Dieses können Sie dann herunterladen, speichern und durchsuchen. Wir geben bekannt, wann sie verfügbar ist.

Supernova 1987A

Könnte sich an der Stelle der Supernova 1987A ein Schwarzes Loch gebildet haben?

OStR Alfred Helmut Dürr, Nürtingen

Antwort der Redaktion:
Da sie in der nahen Großen Magellanschen Wolke stattfand, war es möglich, den Vorgängerstern zu ermitteln: einen blauen Überriesen mit etwa 17 Sonnenmassen. Wegen dieser »geringen« Masse wird angenommen, dass ein Neutronenstern entstanden ist.

Errata

»Der Prager Planetensturz«
AH 12/2006, S. 16

Die korrekte Bezeichnung von (90377) Sedna ist 2003 VB_{12}, und nicht wie angegeben 2003 UB_{12}.

C. Lidke, per E-Mail

»Der Venus auf der Spur«
AH 12/2006, S. 54

»Liebe Sonja, als wir die Venus erkundet haben, hast du gesagt, dass sie ständig von einer dicken, schweren Wolkenschicht bedeckt sei, die fast völlig aus Kohlendioxid gebildet wird. Jetzt habe ich gelesen, dass das so nicht stimmt. Die Venusatmosphäre besteht zwar hauptsächlich aus Kohlendioxid, aber nicht die Wolken: Die sind aus Schwefelsäure!«

»Du hast Recht, Lunic, ich habe hier Atmosphäre mit Wolken verwechselt. Bei uns auf der Erde setzt sich die Atmosphäre zusammen aus 78 Prozent Stickstoff, 21 Prozent Sauerstoff, 0,9 Prozent Argon und ein ganz kleines bisschen aus Kohlendioxid (0,03 Prozent). Die Wolken bestehen aber aus Wasserdampf. Und das sollte man nicht durcheinanderbringen. Denn so wie es bei uns auf der Erde Wasser regnet, ist der Niederschlag auf der Venus Schwefelsäure!«

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter www.astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem jeweiligen Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen haben, können Sie diese unter www.astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Oder Sie schreiben wie bisher per Post, Fax oder E-Mail an:

ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

EXPERTENFRAGE

»Leser fragen – Experten antworten«

Sterne leben viele Milliarden Jahre lang. Warum konnte es dann schon kurz nach dem Urknall Supernovae geben? Wie unterscheidet sich eine Kern-Kollaps-Supernova von einer Supernova vom Typ Ia? Roman Wagner, Bovenden

Wie lange ein Stern lebt, hängt von seiner Masse ab (siehe Artikel S. 30). Daher unterscheiden sich die Lebensspannen massereicher und massearmer Sterne sehr voneinander. Sterne wie die Sonne werden etwa zehn Milliarden Jahre alt. Die massearmen M-Sterne leben sogar eine Billion Jahre lang. Die massereichen O- und B-Sterne sind mit wenigen bis einigen hundert Millionen Jahren dagegen extrem kurzlebig.

Je massereicher ein Stern ist, desto schneller verbraucht er seinen Brennstoff. Nach dem endgültigen Erlöschen der Kernfusion in seinem Zentrum kann er sich zum Weißen Zwerg entwickeln oder als Supernova explodieren. Sehr massereiche Sterne mit ursprünglich mindestens acht Sonnenmassen beenden ihr Leben als Supernova vom Typ II.

Wenn im Innern eines solchen Sterns keine Strahlung mehr erzeugt wird, kann er der Schwerkraftt nicht mehr standhalten. Er bricht in sich zusammen und schleudert seine äußeren Schichten ins All. Als Resultat sehen wir eine Supernova. Diese Art von Sternexplosion nennt man auch Kern-Kollaps-Supernova.

Unter einer Supernova vom Typ Ia versteht man dagegen die Explosion eines Weißen Zwergs in einem Doppelsternsystem (AH 4/2003, S. 28). Wenn sich der andere Stern zum Roten Riesen entwickelt hat, kann ein Teil seiner Materie auf den Weißen Zwerg überströmen. Dieser sammelt so viel auf, bis er die Chandrasekhar-Grenze von 1,4 Sonnenmassen erreicht hat und anfängt zu kollabieren. In seinem Innern erhöhen sich daraufhin Druck und Temperatur so stark, dass die Kohlenstofffusion zündet. Da diese aber explosionsartig abläuft, wird der Weiße Zwerg völlig zerrissen.

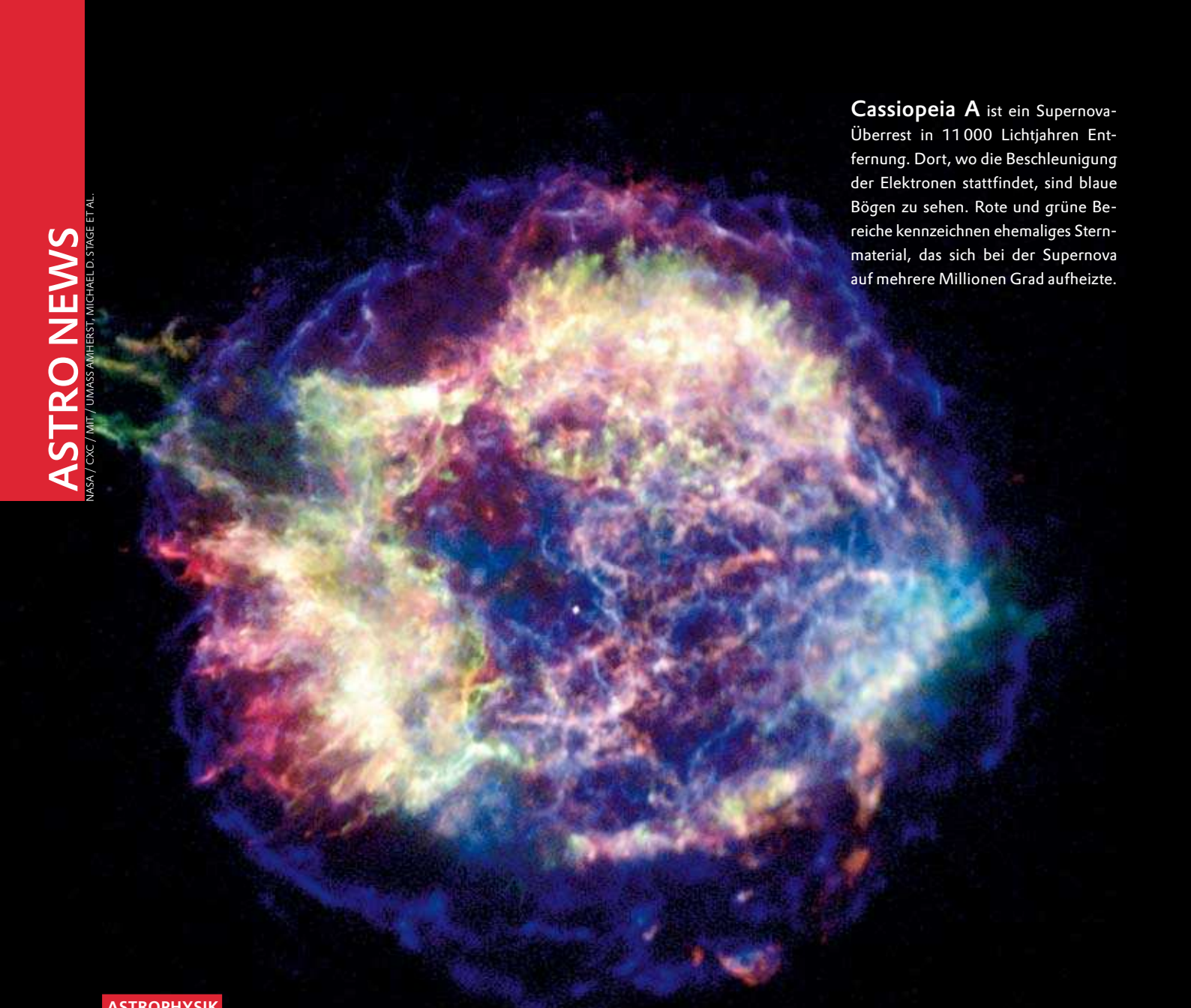
Im jungen Universum bildeten sich viele sehr massereiche Sterne. Sie hatten auf Grund ihrer hohen Masse nur eine kurze Lebensdauer. Da diese Vertreter der ersten Sterngeneration folglich schon nach wenigen Millionen Jahren explodierten mussten, leuchteten bereits kurz nach dem Urknall etliche Supernovae auf (»Erste Sterne«, AH 10/2006, S. 14). **>> Thomas Eversberg**

Der Autor ist im Raumfahrtmanagement des DLR für Satellitennavigation zuständig.

NASA / ESA

Supernovae sind wegen ihrer Helligkeit auch in weit entfernten Galaxien zu sehen.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.



NASA / CXC / MIT / UMASS AMHERST, MICHAEL D. STAGE ET AL.

Cassiopeia A ist ein Supernova-Überrest in 11 000 Lichtjahren Entfernung. Dort, wo die Beschleunigung der Elektronen stattfindet, sind blaue Bögen zu sehen. Rote und grüne Bereiche kennzeichnen ehemaliges Sternmaterial, das sich bei der Supernova auf mehrere Millionen Grad aufheizte.

ASTROPHYSIK

Ursprung der Kosmischen Strahlung weiter aufgeklärt

Mit Hilfe des Röntgensatelliten Chandra ermittelten US-amerikanische Astronomen erstmals die Beschleunigung von Elektronen in einem Supernova-Überrest. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die hochenergetische kosmische Teilchenstrahlung in den Stoßfronten von Sternexplosionen entsteht.

Die neue Analyse basiert auf Röntgenaufnahmen von Cassiopeia A – dem Überrest eines massereichen Sterns, der vor etwa 300 Jahren in einer Supernova verging. Bei einer solchen Sternexplosion breiten sich Stoßwellen nach außen aus. Der Theorie zufolge werden Elektronen mehrfach an Magnetfeldern in diesen Stoßwellen gestreut. Dadurch gewinnen sie immer mehr Energie, berichtet Glenn Allen vom Massachusetts Institute of Technology (MIT). Schließlich bewegen sie sich beinahe mit Lichtgeschwindigkeit.

Der Beschleunigungsprozess kann bis zu zweihundert Jahre dauern. Beim Durchlaufen der Magnetfelder senden die Elektronen zum Teil Röntgenstrahlung aus. Diese Strahlung hat Chandra registriert und damit die Messungen ermöglicht.

Allerdings strahlt auch das ehemalige Sternmaterial im Röntgenbereich, da es auf etwa zehn Millionen Grad Celsius aufgeheizt ist. Den Wissenschaftlern gelang es nun, die Strahlung der Elektronen herauszufiltern und so etwas über das Ausmaß ihrer Beschleunigung zu erfahren. Demnach werden die Elektronen in den Stoßwellen fast so schnell wie theoretisch vorhergesagt.

Die Forscher vermuten, dass Protonen, die den Hauptbestandteil der kosmischen Teilchenstrahlung ausmachen, eine ähnlich starke Beschleunigung erfahren wie die Elektronen. Doch nur Letztere seien im Spektralbereich des Röntgenlichts nachzuweisen, so die Astronomen. Seit den 1960er Jahren spekulieren Astrophysiker, dass die Kosmische Strahlung in den Stoßfronten von Supernovae entsteht. <<

EXOPLANETEN

Planet bei Pollux

Deutsche Astronomen haben einen neuen Exoplaneten entdeckt, der den Stern Pollux in den Zwillingen umläuft. An dem Fund beteiligt sind Forscherteams um Sabine Reffert von der Landessternwarte Heidelberg und Artie Hatzes von der Thüringer Landessternwarte Tautenburg.

Astronomen vermuten schon seit Langem, dass um Pollux ein Planet kreist. Im Gegensatz zu den meisten anderen Sternen, in deren Umgebung Planeten nachgewiesen wurden, ist Pollux aber kein Hauptreihenstern, sondern ein Roter Riese. Dies erschwerte den Nachweis seines Begleiters.

Der Grund: Rote Riesen pulsieren häufig – wiederholt blähen sich ihre Hüllen auf und kontrahieren wieder. Dies verursacht eine Dopplerverschiebung in ihren Spektren. Das Problem besteht darin, dass dieser Effekt jenem ähnelt, den umlaufende Planeten verursachen.

Denn wenn ein Planet um einen Stern kreist, zerrt er mit seiner Schwerkraft an ihm und bringt ihn zum Taumeln. Dies äußert sich ebenfalls in einer Dopplerverschiebung im Sternspektrum. Wegen der Ähnlichkeit der beiden Effekte ist es schwierig, sie voneinander zu trennen: Die spektralen Veränderungen eines pulsierenden Sterns können sowohl einen umlaufenden Planeten vortäuschen als auch dessen Anwesenheit überdecken.

Reffert, Hatzes und ihre Kollegen prüften Pollux' Spektrum. Dabei bedienten sie sich nicht nur aktueller Messungen, sondern auch älterer Datensätze. Sie entdeckten ein spektrales periodisches Signal, dass schon sehr lange besteht – ein Hinweis auf die Existenz eines Planeten. Nun mussten die Forscher aufwändige Analysen machen, um sicherzugehen, dass das Signal nicht auf Kontraktionen des Sterns zurückgeht. Ihr Ergebnis: Die Signatur stammt mit großer Wahrscheinlichkeit tatsächlich von einem umkreisenden Planeten.

Pollux ist damit der hellste Stern am Nachthimmel, bei dem ein planetarer Begleiter gefunden wurde. Der Himmelskörper besitzt eine Umlaufzeit von etwa 1,6 Jahren und mindestens die 2,9-fache Masse des Jupiters. Er umrundet Pollux auf einer fast kreisförmigen Bahn. <<

ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

Strahlentod im Weltraumlift

Einen Weltraumfahrstuhl zu benutzen, könnte für die Fahrgäste tödlich sein. Geladene Teilchen in großen Höhen würden die Passagiere lebensgefährlich verstrahlen. Zu diesem Ergebnis kommen Anders Jorgensen, Mitarbeiter am Los Alamos National Laboratory (USA), und seine Kollegen.

In 1000 bis etwa 40 000 Kilometer Höhe erstrecken sich die so genannten Van-Allen-Gürtel. Das sind zwei ringförmige Regionen, die unseren Planeten umschließen. Dort, im irdischen Magnetfeld gefangen, rasen geladene Teilchen der Kosmischen Strahlung umher – vor allem Elektronen und Protonen.

Bis heute haben einzig die Apollo-Astronauten diese Zone durchquert. Wegen der hohen Geschwindigkeit ihrer Raumkapseln benötigten sie nur eine Stunde dafür. Ein Weltraumfahrstuhl hingegen, der die Van-Allen-Gürtel ebenfalls passieren müsste, bräuchte erheblich länger. Ingenieure rechnen damit, dass sich ein solcher Lift mit zweihundert Kilometer pro Stunde bewegen könnte. Bei diesem Tempo hielte er sich eine halbe Woche innerhalb der Strahlungszone auf.

Da sich kosmische Partikel schlecht abschirmen lassen, erhielten die Passagiere des Lifts in dieser Zeit eine sehr hohe Strahlungsdosis. Jorgensen und seine Kollegen haben eine Belastung von zwei Sievert berechnet. Diese Dosis ruft beim Menschen die Strahlenkrankheit hervor und führt bei jedem zehnten Erkrankten zum Tod.

SPACE ELEVATOR VISUALIZATION GROUP

Himmelfahrtskommando?
Astronauten in einem Weltraumlift könnten an der Strahlung sterben.

Man könne versuchen den Lift zu panzern, so die Wissenschaftler. Das würde ihn aber bedeutend schwerer machen und damit die Nutzlast verringern. Denkbar wäre auch eine Abschirmung der Fahrgastkabine mit starken Magnetfeldern – allerdings würde das viel Energie kosten. Experten halten es für schwierig, einen Weltraumlift vom Boden aus mit so viel Strom zu versorgen.

Seit einiger Zeit diskutieren Fachleute verstärkt darüber, ob sich Weltraumfahrstühle verwirklichen lassen. Unlängst hatte die Nasa einen Ideenwettbewerb dazu unterstützt (AH 11/2006, S. 58). <<

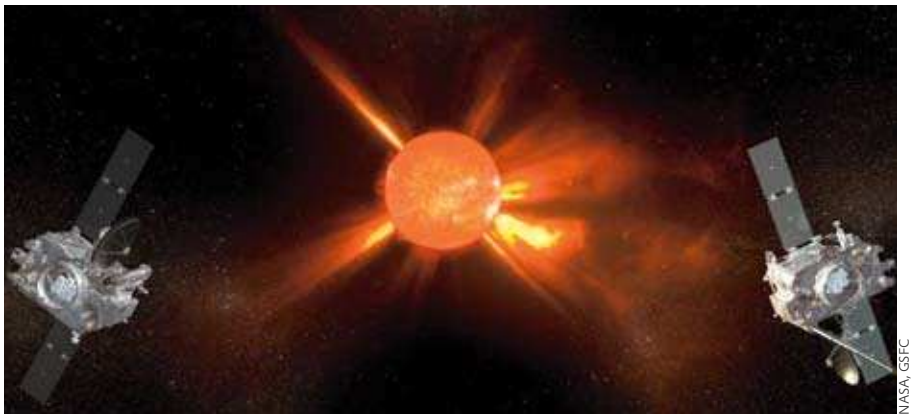
SONNENFORSCHUNG

Stereo-Teleskope bestehen erste Tests im All

Am 26. Oktober startete die Doppelsonde Stereo – die Abkürzung steht für »Solar Terrestial Relations Observatory« – an Bord einer Delta-II-Rakete ins All. Die Nasa-Mission besteht aus zwei weit gehend identischen Weltraumteleskopen. Eines davon wird vor der Erde her-, das andere ihr nachlaufen. Aus den Aufnahmen der beiden Späher wollen Forscher dreidimensionale Bilder der Sonne erzeugen.

Stereo soll vor allem die explosionsartigen Ausbrüche unseres Zentralgestirns und die damit verbundenen Teilchenstürme untersuchen. Als Frühmeldesystem soll die Doppelsonde vor herannahenden Sonnenstürmen warnen.

Denn die geladenen Teilchen, die die Sonne bei ihren Ausbrüchen ins All schleudert, schädigen Satelliten und beeinträchtigen den Funkverkehr. Außerdem zerstören sie Zellen von lebendem Gewebe und bergen somit ernste Gefahren für Astronauten, die sich außerhalb der schützenden Erdatmosphäre aufhalten.



NASA, GSFC

Doppelt hält besser Die Stereo-Sonden sollen einen räumlichen Blick auf die Sonne ermöglichen.

Zahlreiche Systeme von Stereo-A und Stereo-B wurden mittlerweile erfolgreich aktiviert. Beide Sonden scheinen den Start gut überstanden zu haben. Die Schutzklappen der Teleskope sind derzeit aber noch geschlossen. Sie werden geöffnet, wenn die Sonden ihre endgültige Position erreicht haben. Mit ersten Bildern ist Anfang 2007 zu rechnen.

An der Stereo-Mission beteiligen sich auch deutsche Forscher aus Kiel, Potsdam, Göttingen und vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau. Sie werden in einer der kommenden AH-Ausgaben über die Mission berichten und erste Ergebnisse vorstellen. <<

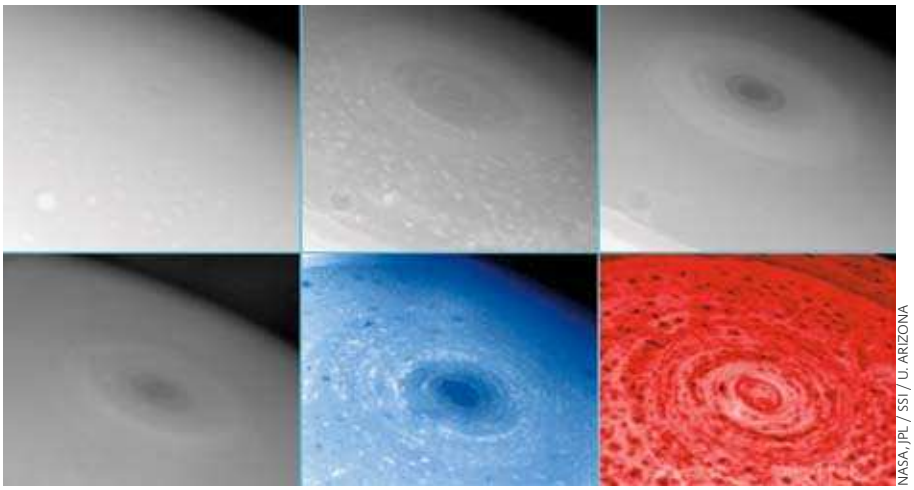
PLANETOLOGIE

Hurrikan über Saturns Südpol

Die Raumsonde Cassini hat einen riesigen Wirbelsturm über dem Südpol des Saturns aufgenommen. Wie irdische Hurrikans besitzt auch er ein Auge und Spiralarme. Cassini fotografierte das Unwetter am 11. Oktober aus 340 000 Kilometer Entfernung. Der Wind in dem Saturnsturm weht mit bis zu 560 Kilometer pro Stunde – doppelt so schnell wie in irdischen Hurrikans.

Die Dimensionen des Saturnwirbels sind gigantisch: Sein Durchmesser beträgt 8000 Kilometer und rings um sein Zentrum türmen sich 30 bis 75 Kilometer hohe Ammoniakwolken. Hurrikans auf der Erde durchmessen typischerweise ein paar hundert Kilometer und ihre mächtigsten Wolken sind etwa 15 Kilometer hoch.

Andrew Ingersoll vom California Institute of Technology (Caltech, USA), der die Cassini-Bilder auswertet, nennt weitere Unterschiede. So bilden sich die irdischen Hurrikans nahe dem Äquator, nicht an den Polen. Sie beziehen ihre Energie aus der Verdunstung von Meerwasser und bewegen sich meist. Auf dem Saturn hingegen fehlen Wasserozeane und der dortige Wirbel scheint wie am Südpol festgeklebt. Immerhin: Der Saturnsturm besitzt – genau wie die irdischen Hurrikans – ein wolkenloses Auge, das wärmer ist als die Umgebung. Das belegen die neuen Aufnahmen. <<



NASA, JPL / SSI / U. ARIZONA

Das Auge des Saturnsturms tritt im Licht verschiedener Wellenlängen (hier: von 0,46 bis 5 Mikrometer) deutlich hervor.

SERVICEMISSION

Nasa rettet Hubble

Das Weltraumteleskop Hubble wird noch ein letztes Mal gewartet. Das gab Nasa-Chef Michael Griffin Ende Oktober auf einer Pressekonferenz im Goddard Flight Center bei Washington bekannt.

Hubble ist seit 1990 im All. Bei der geplanten Servicemission sollen Shuttle-Astronauten das Fernrohr mit neuen Instrumenten, Gyroskopen, Ersatzteilen und Batterien versorgen. Dies stellt sicher, dass das Instrument bis mindestens 2013 funktioniert. Es wird der vierte und letzte Wartungseinsatz für Hubble sein.

Vier bis fünf bemannte Außenbordeinsätze seien nötig, um Hubble wieder auf den neuesten Stand zu bringen, sagte Griffin. Das Instrument werde anschließend aber wie neugeboren und wissenschaftlich auf der Höhe der Zeit sein. Eine unbemannte Robotermission zur Reparatur des Teleskops habe man verworfen, denn diese sei zu teuer und wäre nicht rechtzeitig verfügbar. Dennoch, so Griffin, setze man die sieben Astronauten (darunter drei Weltraum-Neulinge), die an der Mission beteiligt sein werden, keinem erhöhten Risiko aus.

Die Wartungsarbeiten am betagten Weltraumteleskop waren ursprünglich für das Jahr 2004 geplant gewesen. Nach dem Absturz der Raumfähre Columbia wurden sie jedoch auf Eis gelegt. Nach der erfolgreichen Wiederaufnahme der Shuttleflüge und einer erneuten Risikoabschätzung könnte die Servicemission nun Mitte 2008 starten. <<

NASA

Ersatzteile im Anflug Die Nasa spendiert dem Hubble-Teleskop eine letzte Rundumerneuerung.

BRAUNE ZWERGE

Stellare Winzlinge in den Plejaden

Astronomen an der Calar-Alto-Sternwarte in Südspanien haben mehrere neue Himmelskörper entdeckt. Die Wissenschaftler identifizierten sechs Objekte, die eindeutig zum Sternhaufen der Plejaden (M 45, S. 52) gehören, aber jeweils nur etwa die 25-fache Masse des Jupiters aufweisen. Es handelt sich somit um sehr massearme und kühle Braune Zwerge.

Schon seit Jahren hatten die Forscher nach Braunen Zwergen in den Plejaden gefahndet. Immer wieder richteten sie große Teleskope wie die am Calar-Alto-Observatorium auf den Sternhaufen. Dabei suchten sie mit Infrarotkameras gezielt nach der Wärmestrahlung, die solche »verhinderten Sterne« aussenden.

Der erste Braune Zwerg, Gliese 229B, wurde 1995 gefunden. Er kreist um einen Roten Zwerg im Sternbild Hase. Wenig später entdeckte ein Team um den spanischen Astronomen Rafael Rebolo einen einzelnen Braunen Zwerg in den Plejaden. Dies war der Auftakt zu der langjährigen Durchmusterung jener Region.

Gabriel Bihain, Kollege von Rebolo und federführend an den jetzt veröffentlichten Ergebnissen beteiligt, weist auf Diskrepanzen hin. Die Eigenschaften der sechs Braunen Zwerge, so Bihain, wichen von den theoretischen Vorhersagen ab. Die bisherigen Erkenntnisse der Astronomen über solche Himmelskörper scheinen also noch nicht vollständig zu sein. <<

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - ***jetzt nur € 929,00!***

Sehr gute Qualität!

Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Zukunftsmusik soll das Andockmanöver des europäischen ATV-Moduls an die ISS nicht mehr lange bleiben.

ESA, DAVID DUCROS

RAUMFAHRTVORSCHAU 2007

Mondfahrt kommt in Mode

Zahlreiche Raumfahrzeuge werden im Jahr 2007 zu den Planeten unseres Sonnensystems aufbrechen oder im erdnahen Weltraum kreuzen. Allein drei Missionen haben den irdischen Trabanten zum Ziel.

Noch Ende 2006, genauer am 21. Dezember, steht endlich der französische Exoplaneten-Späher **Corot** auf der Startrampe in Baikonur. Den Transport übernimmt eine neue Variante der Sojus-Rakete (siehe dazu AH 11/2006, S. 14).

Ebenfalls noch vor Weihnachten soll der deutsche Esa-Astronaut Thomas Reiter (48) von seinem Langzeitflug zur Internationalen Raumstation (ISS) zurückkehren (siehe S. 16). Und Europas Venus-Express-Sonde wird aus ihrem elliptischen Orbit das gesamte Jahr hindurch die Gashülle unserer heißen Planetennachbarin im Auge behalten.

Am 25. Februar hat auch **Rosetta** ihr erstes interplanetares Rendezvous. Der Kometenjäger der Esa passiert dann den Mars in rund 250 Kilometer Entfernung. Dort sind, zum Teil schon seit zehn Jahren, drei Nasa-Orbiter und die beiden Marathon-Rover Spirit und Opportunity im Dauereinsatz. Hinzu kommt der europäische Mars-Express-Satellit. Seine Beobachtungen dürften, besonders zusammen mit denen der superscharfen Kamera des Mars Reconnaissance Orbiters (MRO), für die eine oder andere Überraschung sorgen.

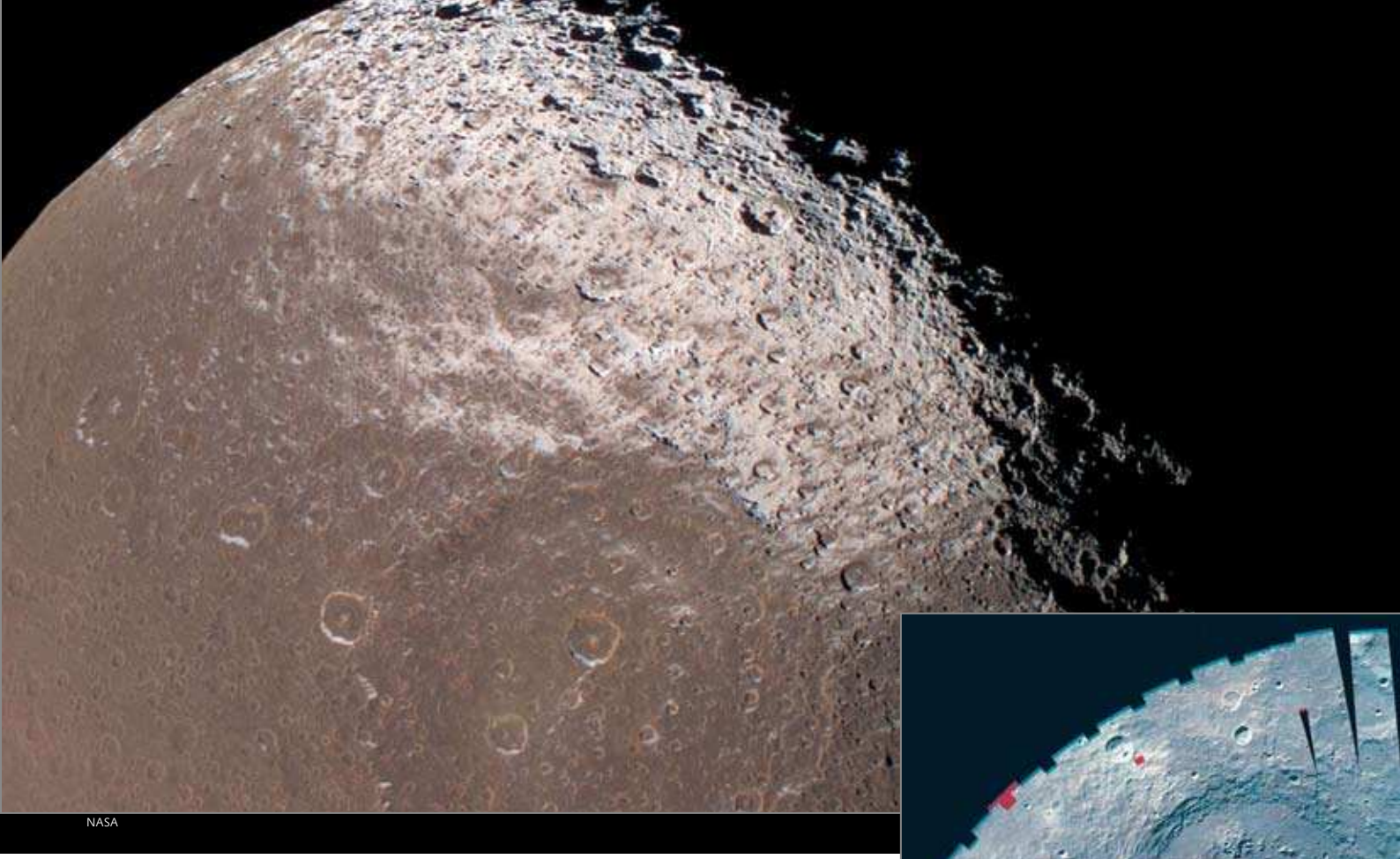
Am 28. Februar kann sich Jupiter auf den Besuch der Pluto-Sonde **New Horizons** (siehe AH 1-2/2006, S. 16) einrichten. Mit seinem Schwerefeld schleudert der Gasriese das Nasa-Raumschiff in Richtung des äußeren Zwergplaneten und hilft dabei rund ein halbes Jahrzehnt Flugzeit einzusparen. Bereits im vergangenen September konnte dessen Bordkamera Jupiter ablichten. Bei der kommenden Stippvisite wird es sich auch für den neu aufgetauchten Roten Fleck interessieren (siehe AH 9/2006, S. 38).

Im Frühjahr, so ist der letzte Stand, werden in den USA endlich die ersten Testflüge des Flugzeug-Observatoriums **Sofia** beginnen. Das amerikanisch-deutsche Projekt, zu dem Deutschland das Infrarot-Teleskop beisteuerte, war durch die finanziellen Kürzungen der Nasa in Bedrängnis geraten. Gut, dass sich die amerikanische Seite doch noch an ihre früheren Zusagen erinnert hat. Erste wissenschaftliche Beobachtungen sind bereits für das Jahr 2008 angekündigt.

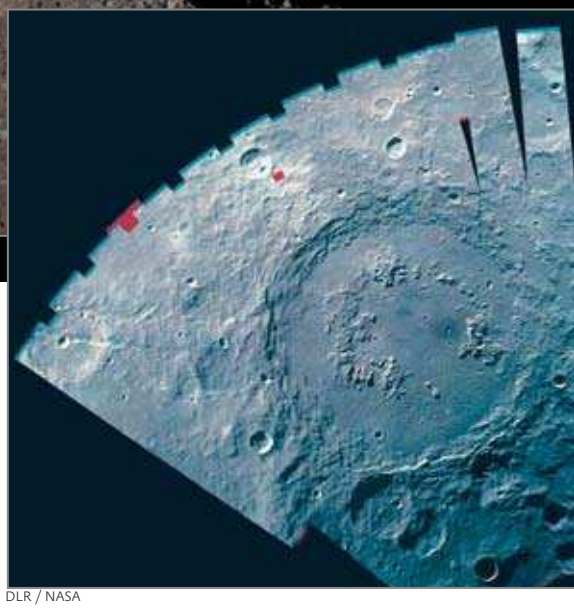
Besuch bei den Planetenzwergen

Auf seinem Weg zum Merkur schaut der amerikanische **Messenger** am 6. Juni zum zweiten Mal bei der Venus vorbei. Der Chefwissenschaftler der Mission hat für den Vorbeiflug Beobachtungen mit allen Bordinstrumenten angekündigt.

Der Start des Kleinplaneten-Orbiters **Dawn** war bislang bereits einmal wegen technischer Schwierigkeiten verschoben worden. Am 21. Juni soll es nun endlich losgehen: Mit ihrem Ionenantrieb fliegt die Sonde erst zum Asteroiden Vesta und dann weiter zum Zwergplaneten Ceres. Die beiden Kameras des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung bekommen ihre Zielobjekte aber erst im kommenden Jahrzehnt vor die Linse: Die Ankunft bei Vesta ist für Ende 2011 geplant, Ceres kommt 2015 an die Reihe.



NASA



DLR / NASA

Auf Tuchfühlung Cassini besucht im September 2007 den mysteriösen Saturnmond Japetus (oben). In Japan, China und Indien haben im gleichen Jahr Flüge zum Erdtrabanten Hochkonjunktur. Das Bild rechts zeigt das Schrödinger-Becken auf der Mondrückseite.

Im Sommer, so die momentane Schätzung, geht es dann mit der japanischen Raumsonde **Selene** zum Erdtrabanten. Im Vergleich zu dem schwergewichtigen 1,7-Tonnen-Gefährt war der europäische Smart-1 geradezu ein Leichtgewicht. Auch Peking zielt mit dem Satelliten **Chang'e-1** auf den Mond. Den genauen Starttermin wissen aber nur die Chinesen. Ein deutsches Spektrometer vom MPI für Sonnensystemforschung geht unterdessen mit dem indischen Satelliten **Chandrayaan-1** auf Mondfahrt. Ob das noch 2007 oder erst 2008 passiert, war bei Redaktionsschluss noch offen.

Ebenso zur Jahresmitte ist der Jungfernflug des unbemannten Versorgungsraumschiffs **ATV** der Esa geplant. An der Spitze einer Ariane 5 soll »Jules Verne«, so der Name des Frachters, in den Orbit starten und schließlich automatisch an der ISS andocken.

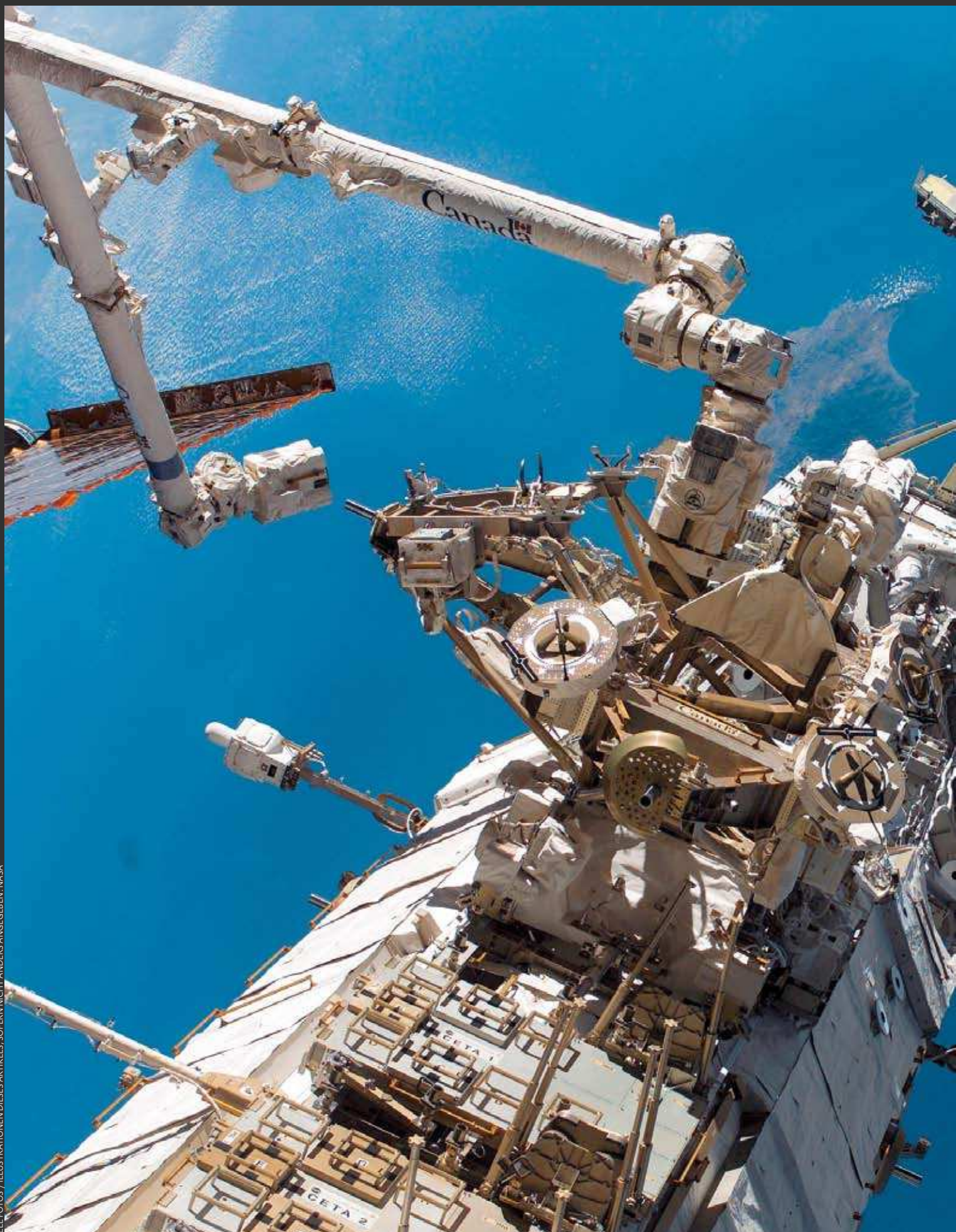
Daumen drücken heißt es ab dem 3. August für die Marssonde **Phoenix**. Denn dann startet die US-Sonde an der Spitze einer Delta-Rakete. Ihre Landefähre soll im nördlichen Polargebiet des Roten Planeten mit einem Roboterarm nach eishaltigen Bodenschichten graben – Exobiologen vermuten dort Habitate möglicher Marsmikroben.

Die Raumsonde **Cassini** wird in ihrem dritten Jahr bei Saturn weiterhin bevorzugt Titan unter die Lupe nehmen: 17 enge Passagen in einem Abstand von 950 bis 3000 Kilometern stehen auf ihrem Programm. Am 30. August kommt Rhea, der zweitgrößte Saturntrabant, bis auf 5000 Kilometer nah und damit ins Visier der Bordkameras. Den 10. September können sich dagegen Japetus-Fans schon mal vormerken: In nur 1500 Kilometer Abstand wird Cassini an dem geheimnisvollen Mond vorbeiziehen. Die drastischen Helligkeitsdifferenzen auf seiner Oberfläche geben den Forschern bis heute Rätsel auf.

Mit dem Satelliten **Goce** will die Esa das Schwerefeld unserer Erde künftig genau vermessen. Nach Problemen mit der russischen Rakete, einer umgebauten Interkontinentalrakete vom Typ Rockot, ist der Start nun für September geplant.

Ab Mitte Oktober soll die **Discovery** mit dem europäischen Columbus-Modul im Bauch zur ISS fliegen. Ebenfalls an Bord: der deutsche Physiker Hans Schlegel (55), der damit seinen zweiten Weltraumausflug macht. Insgesamt hat die Nasa fünf Shuttle-Missionen zur Komplettierung der ISS angekündigt, ein sehr ehrgeiziger Plan. Das gilt auch für das Vorhaben des Virgin-Atlantic-Pendants »Virgin Galactic«, bis zum Jahreswechsel mit den Testflügen von **SpaceShipTwo** zu beginnen. Mit dem Raketenflugzeug sollen zahlungskräftige Kunden künftig auf mehr als hundert Kilometer Höhe katapultiert werden. Hollywoodstar Sigourney Weaver (»Alien«) wird's freuen. Sie gehört zu den Hunderten, die bereits gebucht haben sollen. Einen passenden Namen hat der spacige Touristenflieger auch schon: VSS Enterprise.

>> Thorsten Dambeck



ALLE FOTOS / ILLUSTRATIONEN DIESES ARTIKELS, SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN: NASA

Volles (Shuttle-)Programm!

Die Außerdienststellung der Raumfähren ist beschlossene Sache. Doch davor müssen sie nochmal ran – um die Internationale Raumstation zu vollenden! **>> Eugen Reichl**

Baustelle mit Aussicht Beim Shuttleflug STS-115 brachte die Atlantis den Gittermast P3/P4 zur ISS, am Ende sind die noch eingeklappten Solarpaneele zu erkennen (großes Foto). Zuvor waren die Discovery (STS-114, 2005, kleines Foto ganz oben) und die Endeavour (STS-113, 2002) angedockt.

Die Ära der amerikanischen Spaceshuttles, die mit dem Start der Columbia am 12. April 1981 begann (AH 10/2006, S. 30), nähert sich unaufhaltsam ihrem Ende. Dem unvoreingenommenen Beobachter mag diese Behauptung allerdings ein wenig seltsam vorkommen, denn nach mehrjähriger Betriebspause und Probestarts in der Folge des Columbia-Absturzes nimmt die Taktung der Flüge jetzt wieder kräftig zu. Doch das ist nur scheinbar ein Widerspruch, denn seit die Verbesserungen am Shuttlesystem erprobt sind und sich bewährt haben, geht es im bemannten Raumfahrtprogramm der USA endlich wieder zügig voran.

Drei Flüge haben seit dem Unglück der Columbia bislang stattgefunden: STS-114, die »Return to Flight«-Mission unter dem Kommando von Eileen Collins im Juli und August 2005, STS-121, geleitet von Steven Lindsey im Juli 2006, und im September STS-115, die »Return to Assembly«, mit Brent Jett auf dem Chefsessel.

»Return to Assembly«

Dieser letzte Flug, ausgeführt mit dem Shuttle Atlantis, war der erste »ISS-Construction Flight« seit STS-113. Der erste Flug seit vier Jahren also, der dem Ausbau der Raumstation gewidmet war. Damals, im November 2002, brachte die Endeavour das Gitterstruktur-Element P1 in den Orbit.

15 Missionen stehen nun noch aus, dann sind die Spaceshuttles Geschichte. 14 dieser Flüge sind der Vervollständigung der ISS gewidmet, einer geht zum Hubble Space Telescope.

Den Anfang macht STS-116 im Dezember 2006 (während dieses Heft gedruckt wird). Und mit der Mission STS-132 soll das Shuttleprogramm im Januar 2010 dann enden.

In dieser ungemein betriebsamen Schlussphase werden auch noch eine Reihe von Esa-Astronauten mit den US-Fähren zur ISS fliegen. Schon seit Juli 2006 befindet sich Thomas Reiter an Bord der Raumstation. Steven Lindsey und seine Crew haben ihn dort abgesetzt. Mit STS-116, geführt von Mark Polansky (siehe Kasten unten), soll er nach einem halben Jahr zurückkehren. Zu seinem Abholkommando gehört auch sein schwedischer Kollege Christer Fuglesang.

Ein anderer Esa-Astronaut, Paolo Nespoli, bereitet sich auf die Mission STS-120 im August 2007 vor (Kasten S. 21), und Hans Schlegel schließlich wird bei STS-122 im Oktober 2007 das wichtigste europäische Element der ISS in den Orbit begleiten: das Weltraumlabor Columbus.

Hans Wilhelm Schlegel, wie sein voller Name lautet, ist nicht gerade das, was man in der Umgangsprache etwas flapsig einen »heurigen Hasen« nennt. Schließlich hat er bereits jahrzehntelange Erfahrung als Astronaut. Im August 1987, genau an seinem 36. Geburtstag, wurde er vom damaligen Bundesforschungsminister Heinz Riesenhuber zusammen mit vier anderen Astronautenkandidaten der Öffentlichkeit vorgestellt. Im April 1993 trat er seinen ersten Raumflug an, es war die Shuttlemission STS-55 mit der Raumfähre Columbia. Der knapp zehntägige Einsatz ist hier zu Lande besser bekannt als »Spacelab D-2 Mission«. Auch sein deutscher Kollege Ulrich Walter war damals mit an Bord.

Ab Herbst 1995 trainierte Schlegel im Sternenstädtchen bei Moskau als Ersatzmann von Reinhold Ewald für die russisch-deutsche Mission Mir 97. Seither hat er auch das Diplom eines Bordingenieurs für Sojus-Kapseln.

Die große Stunde von Hans Schlegel

Ab August 1998 wurde er in den USA zum Missionsspezialisten für Shuttleflüge ausgebildet und war danach häufig als CapCom eingesetzt: als Verbindungsmann zwischen Raumfähre und Bodenkontrolle im Mission Control Center in Houston. Seit Sommer 2006 trainiert Schlegel als Missionsspezialist für den Flug STS-122. Doch bis es für ihn so weit ist, müssen noch vier andere Einsätze erfolgreich über die Bühne gehen.

Schlegel hat die ehrenvolle Aufgabe, das Forschungslabor Columbus in Betrieb zu nehmen, das zunächst mit fünf Modulen bestückt ist (Kasten S. 22/23). Zu diesen fünf mehr oder weniger ausgerüsteten Racks werden mit STS-122 auch zwei der insgesamt vier externen Nutzlasten des Columbus-Moduls in den Orbit transportiert. Das ist zum einen die European Technology Exposure Facility (A Eutef), eine Sammlung von neun Experimenten verschiedener Universitäten zur Erforschung des Verhaltens von Schmierstoffen im Vakuum; zum anderen das Solar Monitoring Ob-

Die nächsten Spaceshuttleflüge zur ISS im Überblick

STS-116: 7. Dezember 2006 – Shuttle Discovery

Besatzung: Mark Polansky (Kommandant), William Oefelein (Pilot) sowie die Missions- und Nutzlastspezialisten Robert Curbeam, Nicholas Patrick, Christer Fuglesang (Schweden, Esa), Joan Higginbotham und Sunita Williams

Bei diesem Flug wird Sunita Williams für einen Langzeitaufenthalt zur ISS gebracht. Sie löst dort Thomas Reiter ab, der beim Rückflug ihren Platz im Orbiter einnimmt.

Aufgabe: Lieferung des dritten Portside-Gitterstrukturelements, »P 5«. Bei dieser Mission werden die Sonnenkollektoren der Station neu verkabelt. Danach können dann die beim vorherigen Flug gelieferten Solarzellenflächen an der P3/P4-Struktur erstmals Energie an die Station abgeben. Für die spätere Neupositionierung wird der Solargenerator des P 6 zur Hälfte eingefahren und verbleibt in dieser Stellung bis zur Ankunft von STS-117.

Im Rahmen dieser Mission sind drei Außenbordmanöver (EVAs, Extra Vehicular Activities) geplant. Zwei davon wird Curbeam mit Fuglesang abwickeln und einen mit Williams, während Higginbotham sie mit dem Roboterarm unterstützt.

Orbitale Dreifaltigkeit Die verbleibenden Shuttles, von links nach rechts: Discovery (OV-103), Endeavour (OV-105, Ersatz für die Challenger) und Atlantis (OV-104)

servatory (B SMO/Solar), auf dem verschiedene Experimente montiert sind, die permanent zur Sonne ausgerichtet werden können.

Außerdem gehört zu Schlegels Aufgaben im Orbit, ein weiteres europäisches Rack in das Columbus-Modul einzusetzen, die Material Science Glove Box, kurz MSG. Diese befindet sich bereits seit einiger Zeit im amerikanischen Wissenschaftsmodul Destiny.

Dort ist übrigens seit der Ankunft von Thomas Reiter noch ein zusätzliches europäisches Forschungsrack untergebracht: Melfi, der Minus Eighty Degrees Laboratory Freezer for the ISS, eine Art Superkühlschrank, 730 Kilogramm schwer. In ihm können biologische Proben schockgefroren und gelagert werden.

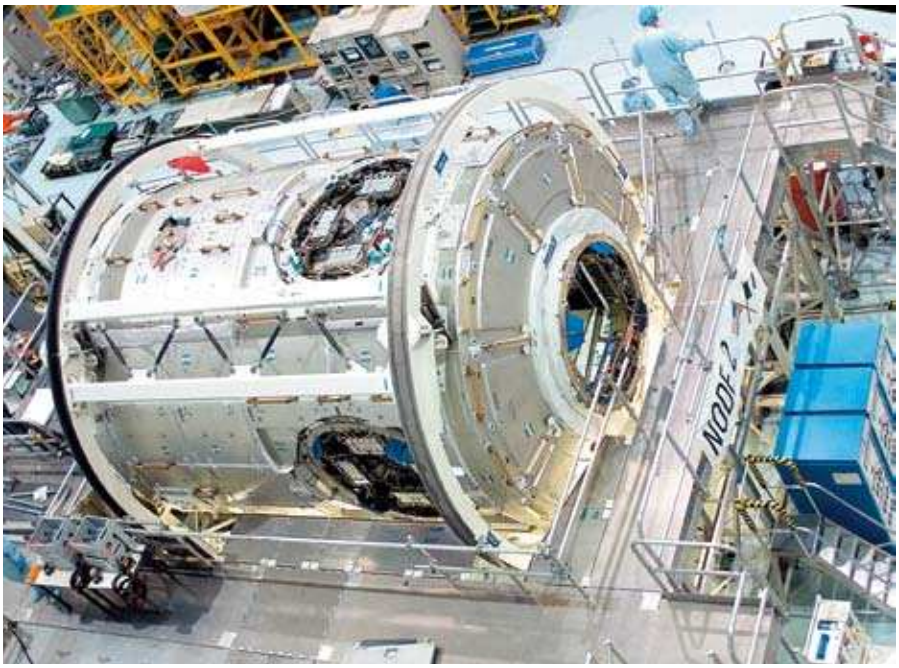
Im Gegensatz zur MSG verbleibt Melfi aber zunächst im US-Forschungsmodul. Er wird während STS-127 im Okto- >

STS-117: 16. März 2007 – Shuttle Atlantis

Besatzung: Frederick Sturckow (Kommandant), Lee Archambault (Pilot), Patrick Forrester, Steven Swanson, John Olivas und James Reilly

Aufgabe: Lieferung des zweiten Trägerelements auf der Steuerbordseite, des »Starboard Truss Element S3/S4«. Es wird, zusammen mit dem dritten Solargenerator, an das S1-Trägerelement montiert. Die Solarzellenanlagen 1A und 3A am S4-Trägerelement werden entfaltet und aktiviert. Für die spätere Neupositionierung wird der Solargenerator des P6 Port Array bei dieser Mission komplett deaktiviert und eingefahren (siehe STS-116).

Auch bei dieser Mission sind drei EVAs geplant: zwei von Olivas und Reilly sowie eine von Forrester und Swanson.



> ber 2008 – die die letzten Komponenten des Japanese Experiment Modul (Jem) mit dem Namen Kibo (Hoffnung) in den Orbit bringt – in das elf Meter lange japanische Labor umgesetzt. Weitere Racks und Einzelexperimente kommen bei späteren Shuttleflügen nach und nach zur ISS und vervollständigen die Ausrüstung des Columbus-Moduls.

Schlegels Mission ist ein Meilenstein für die Esa und das Shuttleprogramm biegt damit in die Zielgerade ein. Zehn Missionen stehen jetzt noch an:

STS-123, 8. Dezember 2007 – Shuttle Endeavour. Die Besatzung ist noch nicht nominiert, mit Ausnahme des japanischen Nutzlastspezialisten Takao Doi. Bei diesem Flug wird Kibos »Pressurized Experiment Module« in den Orbit gebracht, außerdem die kanadische Roboterhand Dextre, die an Canadarm 2 befestigt wird und dessen Wirkungsbereich erweitert.

Abschied von Atlantis

STS-124, 29. Februar 2008 – Shuttle Atlantis: bringt das elf Meter lange Kibo-Forschungsmodul sowie einen japanischen Manipulator-Arm in den Orbit.

STS-125, 17. April 2008 – Shuttle Discovery: die fünfte Hubble Servicemission (SM4). Dieser Flug ist der erste eines Orbiters seit dem Columbia-Unglück, der nicht zur ISS führt. Zugleich wird es auch der letzte sein. AH wird darüber gesondert berichten.

STS-119, 19. Juni 2008 – Shuttle Endeavour: Die Besatzung ist mit Ausnahme des amerikanischen Nutzlastspezialisten Mike Gernhardt noch nicht nominiert: Lieferung des vierten und letzten Solargeneratorenpakets, des vierten Steuerbord-Trägers sowie einer Reihe von Batterien, die für Energie sorgen, wenn die ISS den Erdschatten kreuzt.

STS-126, 21. August 2008 – Shuttle Atlantis: Frachtflug mit einem der Multi Purpose Logistics Modules (MPLM), die

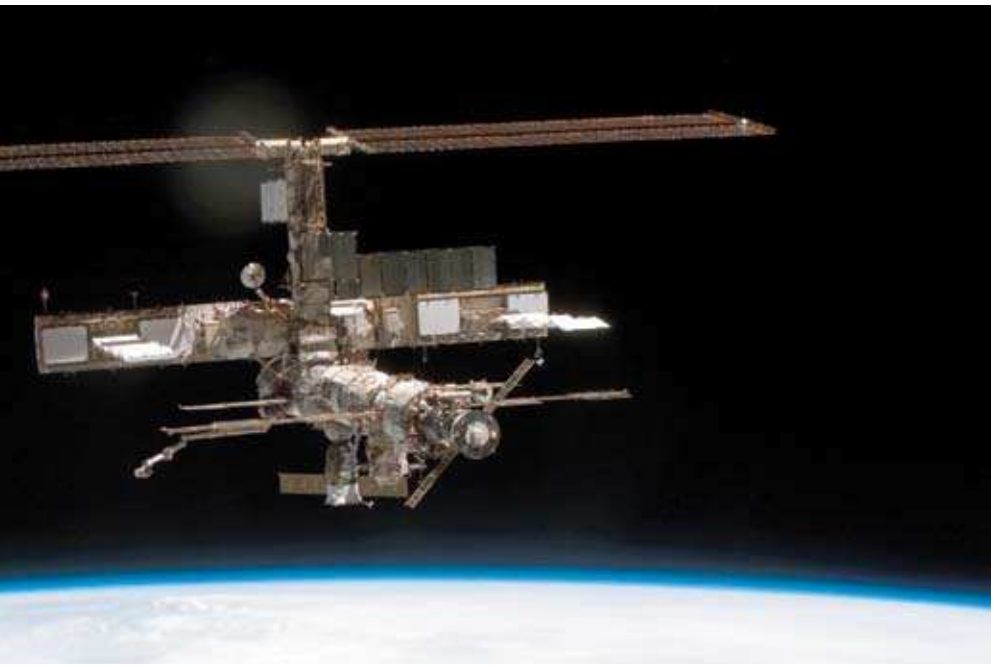
Die nächsten Spaceshuttleflüge zur ISS im Überblick

STS-118: 28. Juni 2007 – Shuttle Endeavour

Besatzung: Scott Kelly (Kommandant), Charles Hobaugh (Pilot), Tracey Caldwell, Richard Mastracchio, Dafydd Williams von der kanadischen Raumfahrtagentur CSA, Barbara Morgan und Clayton Anderson. Letzterer geht als neues Mitglied der permanenten Crew an Bord der Internationalen Raumstation, allerdings nur für einen Aufenthalt mittlerer Dauer (bis Mitte September). Er löst Sunita Williams ab, die nach einem knappen halben Jahr an Bord der ISS zusammen mit der Mannschaft der Endeavour zur Erde zurückkehrt.

Die Lehrerin Barbara Morgan trainierte übrigens schon vor zwanzig Jahren als »Ersatzfrau« für Christa McAuliffe, die bei der Explosion der Challenger im Jahr 1986 ums Leben kam.

Aufgabe: Lieferung des dritten Steuerbord-Trägerelements (S3), der externen Lagerplattform 3 und des Energietransfersystems. Für diese Mission sind vier Außenbordeinsätze geplant, zwei von Mastracchio und Williams, einer von Mastracchio und Anderson und einer von Williams und Anderson.



Knotenpunkt 2 Die in Italien für die Nasa gebaute Röhre mit dem poetischen Namen Node 2 wird am Kennedy Space Center für den Flug vorbereitet (links). Vom »Heck« der Station kommend (Foto rechts, nach dem Abkoppeln der Discovery, 2005) gelangen die Astronauten durch sie nach links in das japanische Modul Kibo und nach rechts in das europäische Modul Kolumbus. Am »Bug« der Station befindet sich die Andockschleuse für die Shuttles.

in Italien gebaut wurden. Diese Mission stellt in der gegenwärtigen Planung den letzten Einsatz der Raumfähre Atlantis dar. Nach diesem Flug wird sie als Ersatzteillager benutzt.

STS-127, 9. Oktober 2008 – Shuttle Discovery: Lieferung der Kibo Exposed Experiment Facility (EF) und des Logistikmoduls ELM-ES (Experiment Logistic Module – Exposed Section), beides Einrichtungen, die vom japanischen Orbitallabor aus Experimente im freien Weltraum ermöglichen.

STS-128, 15. Januar 2009 – Shuttle Endeavour: Diese Mission dient dazu, die ISS für eine ständige sechsköpfige Crew auszustatten. Dafür werden mehrere Tonnen an Geräten und Versorgungsgütern in einem MPLM-Container mitgeführt und auf dem Lightweight Multi-Purpose Experiment Support Structure Carrier (LMC). Dazu gehören drei Besatzungsquartiere, die Bordküche, das Crew Health Care System No. 2 und das zweite Laufband für das Fitnesstraining der Astronauten.

STS-129, 9. April 2009 – Shuttle Discovery: Die Raumfähre bringt die Express Logistic Carriers 1 und 2 (ELC 1 & 2) zur Station. Letzter Flug der Discovery.

STS-130, 9. Juli 2009 – Shuttle Endeavour: Transport von Nachschubgütern und Experimenten hinten in der Ladebucht des Orbiters in einem italienischen Logistikmodul und davor auf dem LMC-Gestell (Foto S. 22/23 oben Mitte).

Endeavour – der letzte Mohikaner

STS-132, 14. Januar 2010 – Shuttle Endeavour: Node 3 und die europäische Cupola, die Aussichtskuppel der ISS, werden geliefert. Voraussichtlich letzter Flug der Endeavour und damit auch letzte Mission des Shuttleprogramms.

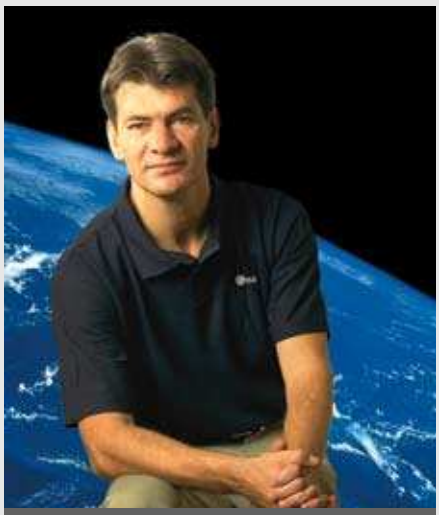
Kein Plan bleibt über einen so langen Zeitraum ohne Änderungen, diese Liste ist also voraussichtlich irgendwann veraltet. In kaum einem Technologiebereich >

STS-120: 7. September 2007 – Shuttle Atlantis

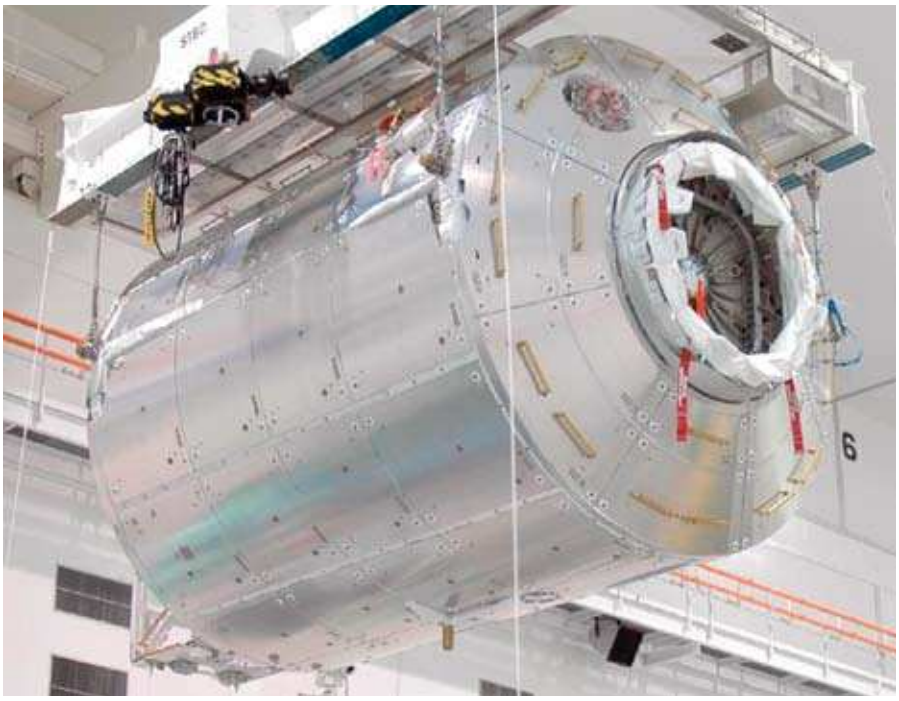
Besatzung: Pamela Melroy (Kommandantin), George Zamka (Pilot), Scott Parazynski, Douglas Wheelock, Michael Foreman, Paolo Nespoli aus Italien für die Esa (Foto) und Daniel Tani, der für eine mittlere Expeditionsdauer an Bord der ISS verbleibt. Seinen Platz im Shuttle wird beim Rückflug zur Erde Clayton Anderson einnehmen.

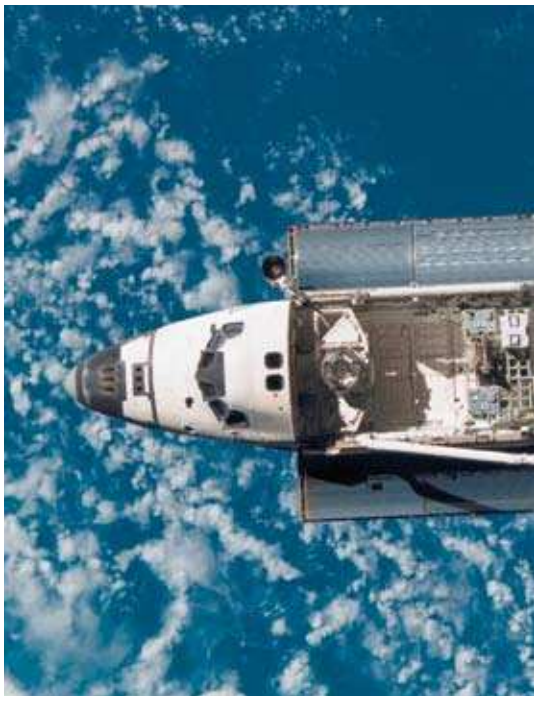
Pamela Melroy wird als zweite Frau, nach Eileen Collins, das Kommando einer Shuttlemission innehaben.

Aufgabe: Lieferung des Multidocking-Moduls »Node 2« und Kopplung mit dem amerikanischen Labormodul Destiny. Antransport der »Sidewall Power Data Grapple Fixtures (PDGF); das sind Verbindungspunkte, von denen es an der Struktur der ISS mehrere geben wird. Sie ermöglichen es dem kanadischen Manipulator »Canadarm 2«, sich raupenartig – von PDGF zu PDGF – über die ganze Station zu bewegen. Und schließlich wird bei dieser Mission das Solarmodul P6 an seinem endgültigen Platz am Ende des Gittermasts montiert.



Esa-Astronaut Paolo Nespoli ESA





Columbus entdeckt Amerika – zumindest das Kennedy Space Center, wo das europäische Labor auf den Flug vorbereitet wird (links). Es ähnelt äußerlich sehr stark den europäischen MPLM-Logistikmodulen wie Raffaello an Bord der Discovery (Ende Juli 2005, Mitte). Die Computerillustration (rechts) zeigt den derzeit geplanten Endzustand der Station nach dem planmäßigen Ende des Shuttleprogramms.

> trifft der berühmte Spruch des preußischen Feldherrn Blücher so sehr zu wie in der Raumfahrt: Kein Plan überlebt die erste Feindberührung.

Immerhin hat die Nasa Vorsichtsmaßnahmen getroffen, für den Fall, dass die eine oder andere Mission nicht wie vorgesehen abläuft oder dass vielleicht sogar einer der Shuttles unverrichteter Dinge wieder zur Erde zurückkehren muss. Der Flug STS-131, der in unserer Aufstellung fehlt, gilt als so genannte Kontingenzmission. Sie wird dann stattfinden, wenn einer der vorangegangenen Flüge sein Ziel nicht erreicht hat. Als Termin dafür ist der 22. Oktober 2009 vorgesehen. Die Mission wird, wenn sie denn notwendig wird, mit dem dafür noch einmal in Dienst gestellten Shuttle Discovery durchgeführt.

Und für alle Fälle ist sogar noch eine zweite Ersatzmission geplant, nämlich der Flug STS-133 mit der Raumfähre Endeavour, angesetzt für den 15. Juli 2010.

Diese beiden Ersatzmissionen werden nur dann anberaumt, wenn eine »normale Anomalie« stattfindet, wie beispielsweise der Ausfall von einer oder zwei Auxiliary Power Units (APUs). Das sind die Gasturbinen, von denen der Shuttle bei Start und Landung seinen Betriebsstrom bezieht. Auch der Ausfall einer oder zweier Brennstoffzellen könnte dazu führen, dass eine Mission vorzeitig abgebrochen werden muss. Auch das Verfehlen der angepeilten Umlaufbahn wegen einer geringfügigen Minderleis-

Die nächsten Spaceshuttleflüge zur ISS im Überblick

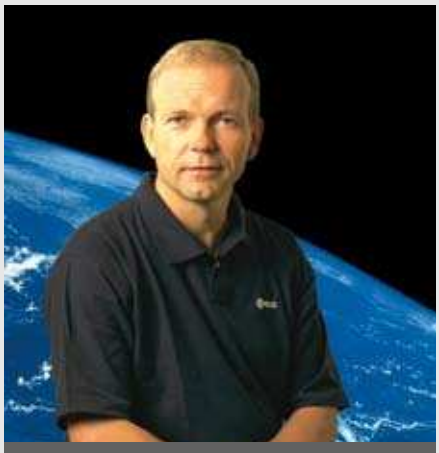
STS-122: 17. Oktober 2007 – Shuttle Discovery

Besatzung: Steven Frick (Kommandant), Alan Poindexter (Pilot), Rex Walheim, Stanley Love, Leland Melvin und Hans Schlegel aus Deutschland für die Esa (Foto)

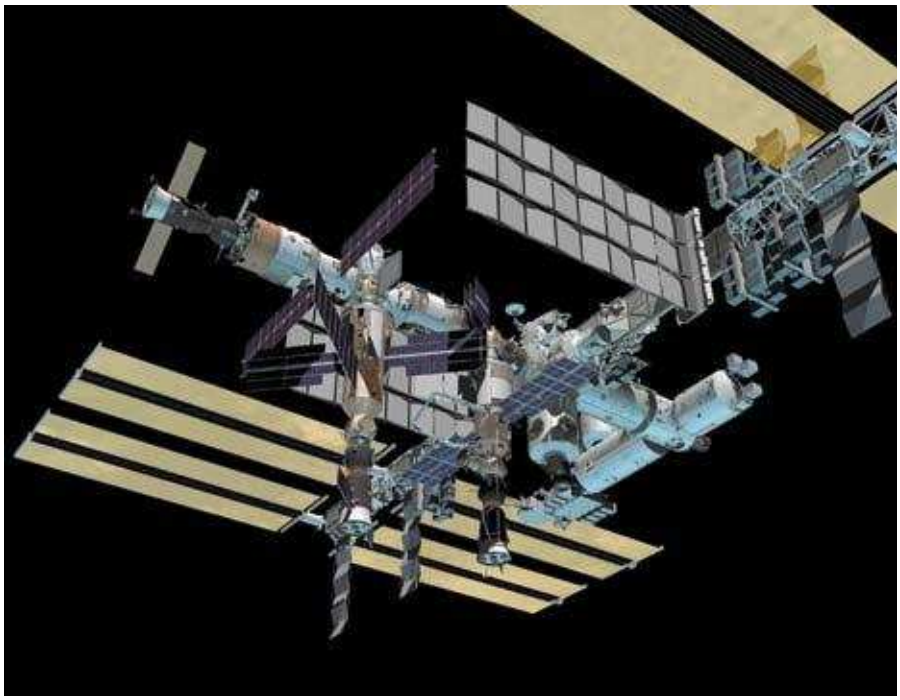
Aufgabe: Lieferung des Columbus Research Module zur ISS. Befestigung am Knoten 2. Drei Außenbordeinsätze, Abholung von Daniel Tani und Transfer eines noch nicht nominierten weiteren Expeditionsmitglieds zur ISS.

Columbus ist etwa acht Meter lang, hat einen Durchmesser von 4,5 Metern und wiegt beim Start 12,8 Tonnen. Es bietet Arbeitsplätze für drei Astronauten und ist für die Aufnahme von zehn Wissenschaftsmodulen ausgelegt (Illustration ganz rechts). Diese haben in etwa die Größe einer Telefonzelle, wiegen zwischen 600 und 800 Kilogramm und werden als »International Standard Payload Racks« bezeichnet, kurz ISPRs, oder schlicht: Racks.

Das Esa-Labor gibt den Astronauten die Möglichkeit, Experimente aus vielen naturwissenschaftlichen Bereichen durchzuführen. Dabei sollen natürlich vor allem die besonderen



Esa-Astronaut Hans Schlegel ESA



tung der Triebwerke wäre eine solche Anomalie.

Sollte es jedoch zu einem Shuttleabsturz kommen – einem »catastrophic failure«, wie es wörtlich in der Nasa-Terminologie heißt –, also zu einer Fehlfunktion wie bei der Challenger oder der Columbia, die den Verlust eines weiteren Orbiters und seiner Besatzung zur Folge hat, dann wird das Raumfährenprogramm auf der Stelle beendet.

Ein Ende mit Schrecken?

Daran hat Nasa-Administrator Mike Griffin keinen Zweifel gelassen. Die Internationale Raumstation bliebe dann auf lange Zeit, wenn nicht sogar für immer, ein Fragment, das nie seine volle Leistungsfähigkeit erreicht.

Gehen wir aber einmal davon aus, dass alles glattläuft. Dann werden die Shuttles bald nach dem letzten Flug der Endeavour in die Museen transportiert. Das Boeing-747-Transportflugzeug bringt sie zu ihren letzten Bestimmungsorten. Dann beginnt in den USA das Warten auf den Shuttlenachfolger. Möglicherweise wird ab etwa 2012 oder später ein kommerzielles Raumschiff im Rahmen des COTS-Programms der Nasa (AH 4/2006, S. 12) die ISS versorgen. Orion, das neue Crew Exploration Vehicle der Nasa (CEV), wird wahrscheinlich länger auf sich warten lassen. Es dürfte kaum vor Ende 2014 zur Verfügung stehen. Wie nach dem Columbia-Desaster wird also erneut eine mehr oder weniger lange Pause entstehen, bei der sich die Kosmonauten und Astronauten der ISS völlig auf die Zuverlässigkeit der russischen Sojus-Raketen und -Kapseln verlassen müssen. Und da könnte durchaus Hans Schlegel noch einmal zum Einsatz kommen, wenn er nach der Mission STS-122 weiterhin aktiv bleiben will. Schließlich hat er ja eine solide Ausbildung als Sojus-Bordingenieur. <<

Das Shuttleprogramm wird in der Schlussphase noch einmal richtig spannend, findet unser Autor, der Raumfahrtexperte **Eugen Reichl**.

Bedingungen der Schwerelosigkeit genutzt werden. Zusätzlich verfügt das Labor über vier Außenbordplattformen, auf denen Experimente im freien Weltraum durchgeführt werden können.

Bei STS-122 werden nur fünf Racks und zwei Strukturen für die Außenbordexperimente an Bord sein. Für die volle Anzahl reicht die Nutzlastkapazität des Shuttles nicht aus. Die Racks sind:

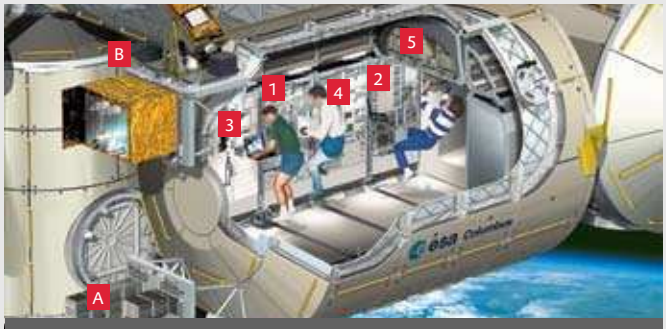
Biolab 1 – es ermöglicht Experimente mit Zellen, Gewebekulturen, Mikroorganismen, Pflanzen und kleinen wirbellosen Tieren;

European Drawer Rack (2 EDR): Mehrzweckmodul zur flexiblen Aufnahme kleinerer wissenschaftlicher Geräte. Beim Start ist nur die Elektronikeinheit für die später zu liefernde Protein Crystallization and Diagnostics Facility (PCDF) eingebaut;

Fluid Science Lab (3 FSL): für Flüssigkeitsexperimente;

European Physiology Module (4 EPM): ein Labor, das humanmedizinischen Projekten gewidmet ist, speziell zur Kreislaufforschung;

und schließlich noch der European Transport Carrier (5 ETC), das erste von insgesamt fünf System-Racks, eine Art besonders ausgeklügelter Werkzeug- und Vorratsschrank.



Die Experimente von Columbus ESA

Ein Staubsammler für die Raumstation

Noch in diesem Jahr sollen Astronauten einen riesigen Filter an der ISS anbringen. Forscher hoffen, dass sich darin kosmische Partikel verfangen.

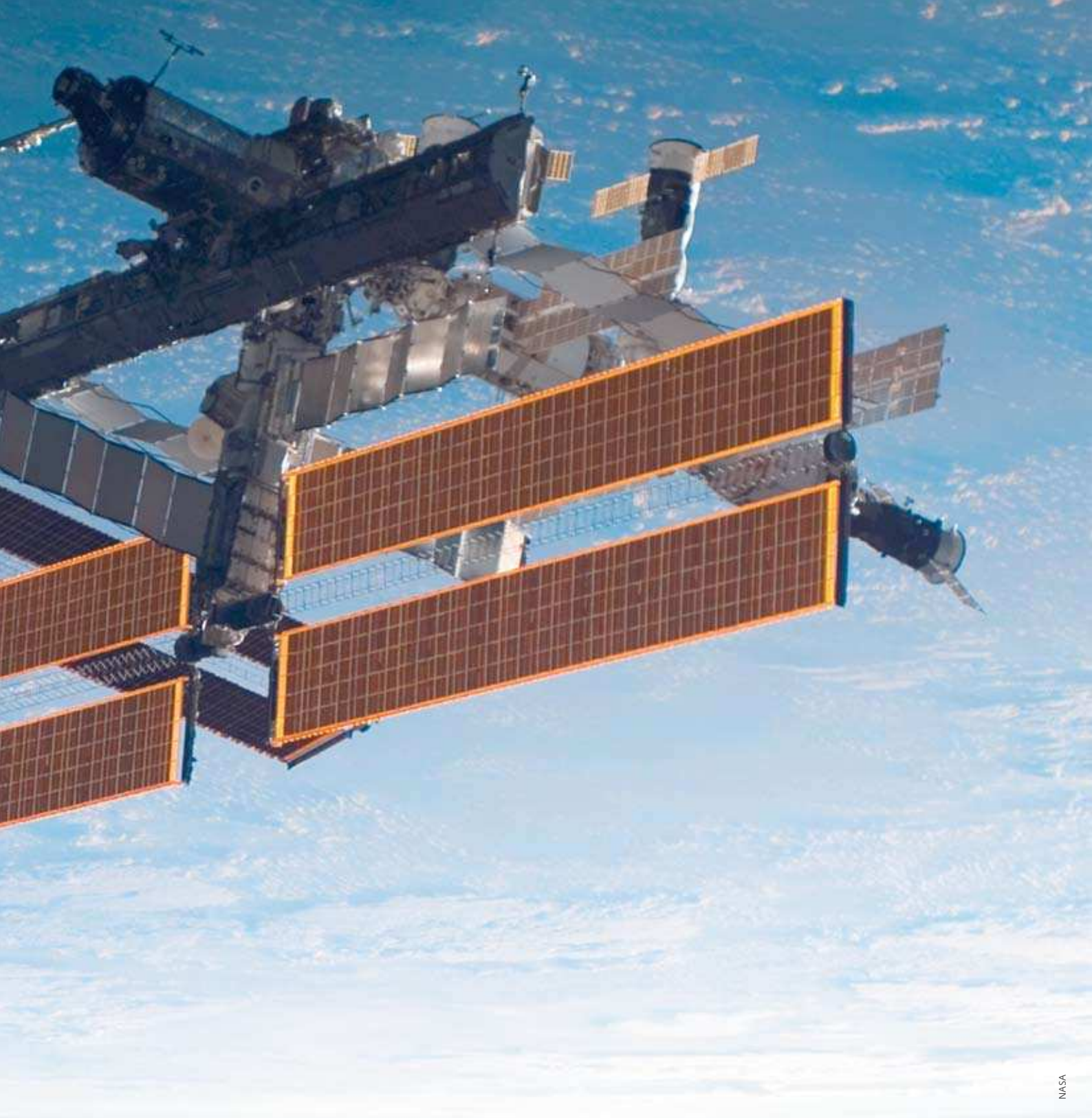
>> Markus Landgraf, Jer-Chyi Liou und Gerhard Drolshagen

Vor einem Jahr setzte im US-amerikanischen Utah eine kleine Weltraumkapsel auf. Sie enthielt eine unscheinbare, aber überaus wertvolle Ladung: Staub aus dem Kosmos. Die Kapsel war von der US-amerikanischen Sonde Stardust zur Erde gebracht worden – nach fast siebenjähriger Reise durchs All (siehe AH 3/2006, S. 10).

Stardust war bei dieser Mission durch die Gas- und Staubhülle des Kometen Wild 2 geflogen und hatte dort kleine Partikel gesammelt. Sie fing die Staubkörnchen in einer Art Schaumstofffilter auf. Aber nicht nur Kometenmaterial, auch interstellarer Staub landete im Sammelcontainer der Sonde. Am 15. Januar 2006 setzte Stardust ihre kostbare Fracht über der Erde aus. An einem Fallschirm schwebend, erreichte diese wohlbehalten den Boden. Die Wissenschaftler freuten sich über eine reiche Ausbeute.

Doch mit Stardust ist die kosmische Staubforschung nicht am Ende. Weitere, ehrgeizigere Missionen stehen an. Eine davon besteht darin, einen zehn Quadratmeter großen Sammler für Staubpartikel auf der Internationalen Raumstation ISS zu installieren.

Was ist so interessant an diesem Thema? In den 1930er Jahren erkannten Astronomen die dunklen Bänder in der Milchstraße korrekt als riesige Schwaden

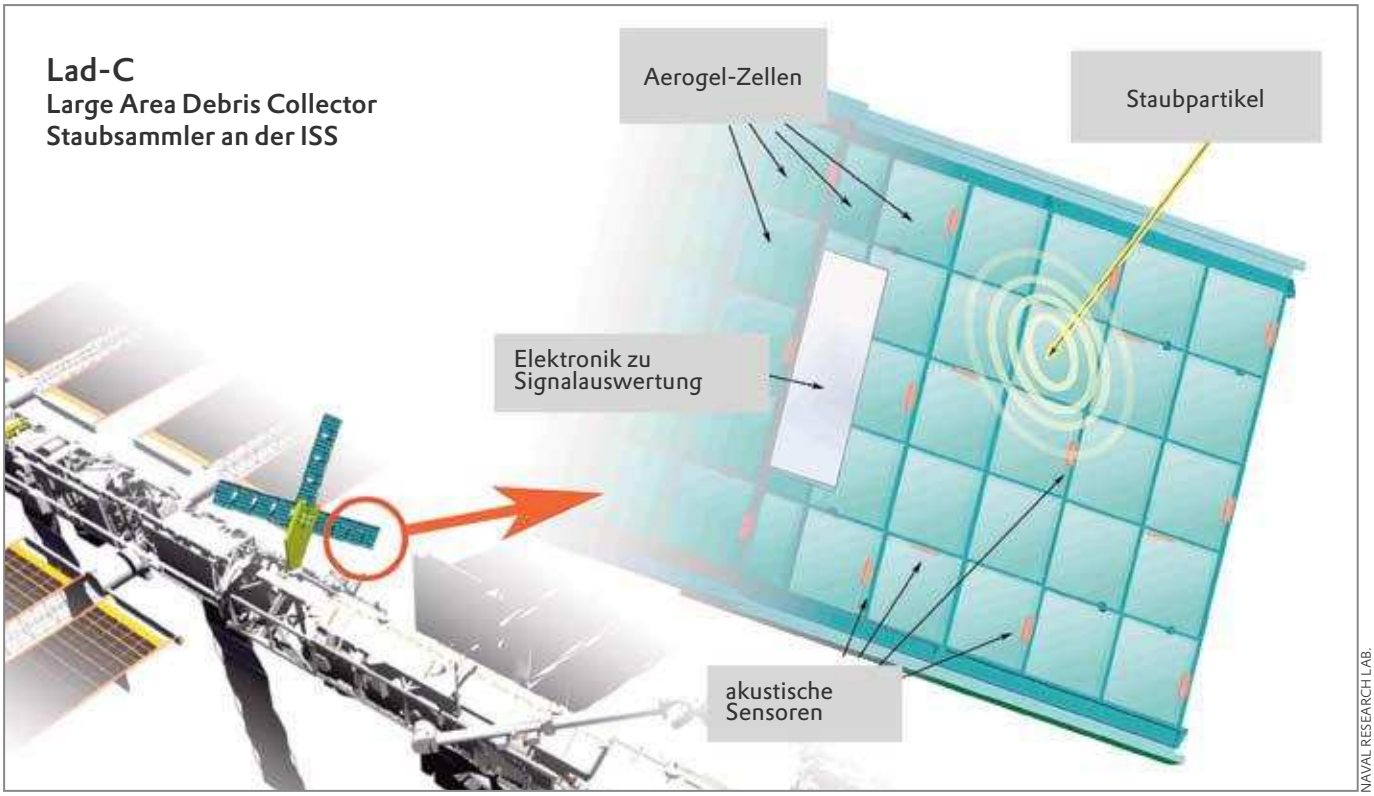


NASA

aus feinsten Staubteilchen. Zunächst galten diese Wolken vor allem als Ärgernis, da sie das Licht der Sterne streuen und unnatürlich rot erscheinen lassen. Zum Beispiel ist es wegen des Staubs in der Milchstraße nicht möglich, das Zentrum der Galaxis mit optischen Teleskopen zu beobachten.

Erst mit dem Aufkommen der Infrarotastronomie wich die Abneigung einem vorsichtigen Interesse, denn zum einen durchdringt Infrarotlicht Staubwolken, ohne gestreut zu werden (die Wellenlänge des Infrarotlichts ist viel größer als der typische Partikeldurchmesser), zum andern sendet der Staub selbst Infrarotlicht aus, das etwas über seine Zusammensetzung verrät. Infrarotaufnahmen von Sternen zeigten weiterhin, dass diese oft von Staubscheiben umgeben sind, aus denen möglicherweise gerade Planeten hervorgehen (AH 7-8/2004, S. 32). >

Groß, massig, bewohnt Die ISS ist der geeignete Träger für den geplanten Staubsammler. Sie besitzt die nötige Flugstabilität und ihre Besatzung kann die erforderlichen Wartungsarbeiten übernehmen.



NAVAL RESEARCH LAB.

> Von unserem Sonnensystem ist inzwischen bekannt, dass es permanent Staub in den interstellaren Raum abgibt. Folglich müssten das auch andere Sterne und Planetensysteme tun. Nachdem die Esa-Nasa-Sonde Ulysses vor 13 Jahren zum ersten Mal interstellare Staubteilchen im All nachwies, begannen die Forscher über neue Missionen nachzudenken, die deren Quellen außerhalb unseres Sonnensystems finden sollten.

Dreckschleudern im Weltraum

Die astronomischen Untersuchungen des kosmischen Staubs lassen sich zu folgendem Bild zusammensetzen: Wenn massereiche Sterne in ihrem Innern Helium verbrennen, entstehen schwere Elemente wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Silizium und Metalle. Der Sternwind schleudert diese Elemente in das umliegende Weltall. Dabei kühlt er sich so weit ab, dass zuerst metall- und sauerstoffhaltige, später auch siliziumhaltige Verbindungen zu Körnchen kondensieren, die kleiner als ein tausendstel Millimeter sind. Diese Partikel fliegen in den interstellaren Raum davon. Wegen der dort herrschenden extrem niedrigen Temperaturen kondensiert Eis auf ihren Oberflächen. Allerdings handelt es sich dabei nicht um Wassereis, sondern um solches aus Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid.

Interstellare Staubwolken ziehen sich gelegentlich unter ihrem eigenen Gewicht zusammen. Dabei werden sie flacher und rotieren mit wachsender Geschwindigkeit, während sich ihr Zentrum verdichtet – beispielsweise zu einem neuen Stern. Die eisüberzogenen Körnchen in der Umgebung dieses Sterns können sich zusammenlagern und nach und nach Kometen, Planetesimale und schließlich Planeten hervorbringen. So liefert der kosmische Staub das Baumaterial für alle Himmelskörper, deren Kerne sich aus schweren Metallen und deren Krusten sich aus leichten Siliziumverbindungen zusammensetzen. Ohne Staub gäbe es also keine Gesteinsplaneten und damit auch keine Lebewesen, die sich auf diesen Planeten entwickeln.

Aus drei Paneelen besteht der Staubsammler, die sich zu einem T zusammensetzen. Jedes Paneel enthält vier Aluminiumrahmen mit Aerogel-Kissen.

Wie können wir heute mehr über interstellaren Staub lernen? Von Teleskopbeobachtungen wissen wir, dass er in den Wolken unserer Milchstraße vorkommt und dass sich unsere Sonne durch solche Wolken hindurchbewegt. Könnte es sein, dass der interstellare Staub ständig an uns vorbeifliegt? Dass wir nur einen Steinwurf entfernt sind von uralter kosmischer Materie, die bloß darauf wartet, von uns untersucht zu werden?

Die Astronomen setzten sich in den 1970er und 1980er Jahren intensiv mit solchen Fragen auseinander. Schließlich entschieden sie sich, die Raumsonden Pioneer 8 und 9 mit Staubdetektoren auszurüsten, um ihre Vermutungen mit wissenschaftlichen Methoden zu über-

GLOSSAR

Kosmischer Staub: Kleine Körnchen (weniger als ein tausendstel Millimeter Durchmesser), die sich aus schweren Elementen zusammensetzen. Als »schwere Elemente« bezeichnen Astronomen solche, die im Periodensystem eine größere Ordnungszahl als Helium besitzen, zum Beispiel Kohlenstoff, Sauerstoff, Silizium und Metalle. Kosmischer Staub entsteht in Sternen als Produkt von Kernfusionsprozessen.

Lokale interstellare Wolke: Eine Gas- und Staubschwade von etwa drei Lichtjahren Durchmesser, in der sich unser Sonnensystem befindet. Ihre Dichte (etwa 100 000 Atome pro Kubikmeter) liegt über der des umgebenden Plasmas. Wahrscheinlich entstand sie durch Stoßwellen, die von mehreren Supernovae ausgingen.

NASA

Zahlreiche Einschläge wird der Staubsammler bei seiner Rückkehr zur Erde aufweisen (Computergrafik). Forscher erwarten, in dem Aerogel viele Staubkörnchen zu finden.

prüfen. Beide Sonden fanden jedoch kein einziges interstellares Staubteilchen. Forscher führten diesen erstaunlichen Befund auf die elektrische Ladung zurück, die die Partikel im interplanetaren Raum annehmen. Die Vermutung war, dass das Magnetfeld der Sonne die geladenen Staubpartikel ablenkt, sodass sie nicht bis ins innere Sonnensystem vordringen können. Demzufolge sollten große Körnchen mit höherer Trägheit nicht so stark abgelenkt werden wie kleine.

Zur Überraschung der meisten Astronomen wies 1993 ein hochempfindlicher Detektor an Bord der Raumsonde Ulysses – die sich auf einer polaren Umlaufbahn um die Sonne bewegte – eindeutig interstellaren Staub nach. Wie sich zeigte, hatte der Detektor hauptsächlich Körnchen mit einem Durchmesser von einem tausendstel Millimeter registriert. Auch die Herkunft der Partikel konnte ermittelt werden: Sie stammten aus der lokalen interstellaren Wolke (Bild S. 28). Das ist eine Ansammlung aus Wasserstoff, Helium und Staub innerhalb unserer Galaxie, die eine geringe Dichte besitzt (100000 Atome pro Kubikmeter) und etwa drei Lichtjahre durchmisst. Untersuchungen deuten darauf hin, dass unser Sonnensystem sich gerade durch die lokale interstellare Wolke bewegt und diese in etwa 50000 Jahren wieder verlassen wird.

Die lokale interstellare Wolke kann allerdings keine Staubpartikel an sich binden, deren Durchmesser oberhalb von einem hundertstel Millimeter liegt. Denn solche vergleichsweise großen und schweren Körnchen werden von interstellaren Gas- und Staubansammlungen kaum gebremst und fliegen ziemlich ungehindert durchs All. Deshalb sind sie für uns besonders interessant: Sie liefern uns direkte Informationen über die großen und massereichen Sterne, von denen sie stammen.

Schneller, als die Polizei erlaubt

Kennt man die Bewegung der Sonne relativ zu ihren Nachbarsternen und außerdem deren Eigenbewegungen, und nimmt man ferner an, dass diese Sterne Staub abgeben, kann man eine Himmelskarte erstellen, auf der die Flussrichtungen der verschiedenen Staubströme eingezeichnet sind (S. 29). Die Partikel bewegen sich etwa mit 100000 Kilometer pro Stunde. Das bedeutet, dass wir – die Beobachter – unsere Eigenbewegung berücksichtigen müssen, wenn wir die Flugrichtung der Körnchen bestimmen wollen. Das Bild auf S. 29 entspricht einer Beobachtung von der Erde aus, wenn diese im Frühlingspunkt steht.

Nimmt man an, dass ein 32 Lichtjahre entfernter Stern jedes Jahr ein Promille der Erdmasse in Form von einen tausendstel Millimeter großen, festen Partikeln von sich gibt, kann man ausrechnen, dass bei uns etwa 300 dieser Körnchen pro Jahr und pro Quadratmeter auftreffen. Es scheint also realistisch, den Staub naher Sterne einzufangen. Damit ließe sich eine spezielle Astronomie betreiben, in der die Forscher ihre Informationen aus Staub- statt aus Lichtteilchen ableiten.

Der Wunsch, an den kosmischen Staub heranzukommen, motivierte zunächst die Planer der Stardust-Mission. Sie wollten ihre Sonde während des siebenjährigen Flugs nicht nur Partikel vom Kometen Wild 2 sammeln lassen, sondern auch interstellare Körnchen. Stardust hatte ein Gerät an Bord, das einer überdimensionalen Fliegenklatsche ähnelte und einen porösen Silikatschaumstoff enthielt – so genanntes Aerogel. Dieses Material sollte die Staubteilchen, die schneller als eine Gewehrkugel angeflogen kommen, abbremsen, ohne sie dabei zu zerstören. Nach der erfolgreichen Landung der Stardust-Rückkehrkapsel >

NASA

Wie Fontänen vor dunklem Himmelszelt sehen diese Strukturen aus. Es handelt sich jedoch um Einschlagspuren kosmischer Staubteilchen, die diese in Aerogel hinterlassen haben.

> mit den wertvollen Proben untersuchten Wissenschaftler zunächst die vom Kometen stammenden Partikel. Die Auswertung des interstellaren Staubs steht noch aus. Leider sind interstellare Körnchen mit einem Durchmesser oberhalb eines hundertstel Millimeters recht selten: Auf einer Fläche von einem Quadratmeter trifft nur alle paar Jahre ein solches Partikel auf. Die Aerogel-»Fliegenklatsche« an Bord von Stardust hatte eine Oberfläche von einem zehntel Quadratmeter und eignete sich daher nicht dafür, größere interstellare Staubpartikel nachzuweisen. Wir können lediglich hoffen, die kleinen, aus der lokalen Wolke stammenden Körnchen in dem Aerogel zu finden.

Um genügend große Partikel in akzeptabler Zeit einzufangen, muss eine Sammelfläche von mindestens zehn Quadratmetern zur Verfügung stehen. Wo soll man einen solch großen Detektor im Weltraum anbringen? Die Antwort liegt nahe: an der ISS – weil sie die nötige Stabilität aufweist und ihre Besatzung die Montage, Wartung und Bergung des Instruments übernehmen kann.

Lauschangriff im All

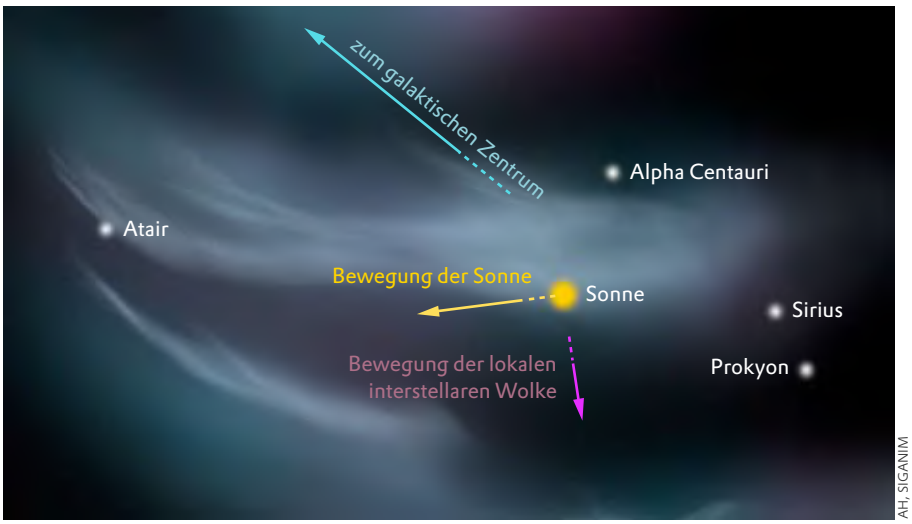
Hier nun kommt unser geplanter Staubsammler ins Spiel. Das nationale Forschungslabor der US-Marine (NRL) und die Nasa haben gemeinsam ein solches Instrument, den Large Area Debris Collector (Lad-C, Grafik S. 26), entwickelt. Er soll 2007 von Shuttle-Astronauten an der Außenseite der ISS montiert werden. Die Esa beteiligt sich an dem Projekt. Geplant ist, dass die Europäer die gewonnenen Daten auswerten und die gesammelten Staubpartikel untersuchen.

Lad-C besteht aus zwölf Aluminiumrahmen, die sich zusammenfalten lassen. Jeder davon enthält eine Art Kissen aus Aerogel – jenem porösen Werkstoff, den die Forscher schon bei der Stardust-Mission zum Sammeln der Staubteilchen einsetzten. An den Rahmen sind akustische Sensoren angebracht, die den Einschlag der Partikel »hören«. Nach einem Jahr in der Umlaufbahn sollen Astronauten den Staubsammler wieder zusammenfalten und mit einem Spaceshuttle zur Erde zurückbringen. Die Startvorbereitungen laufen bereits: In den nächsten Monaten wird das Gerät zum Kennedy Space Center der Nasa transportiert, wo irgendwann in diesem Jahr der Abflug erfolgen soll.

Wie funktioniert das Staubsammeln mit Lad-C und wie können die Forscher die Flugrichtung der einzelnen Partikel bestimmen? Ein großes Problem ist die Geschwindigkeit der Körnchen: Messungen mit dem Detektor der Ulysses-Sonde zeigten, dass bereits die kleinen Partikel aus der lokalen interstellaren Wolke mit über zwanzig Kilometer pro Sekunde durchs Sonnensystem fliegen, das sind 72 000 Kilometer pro Stunde!

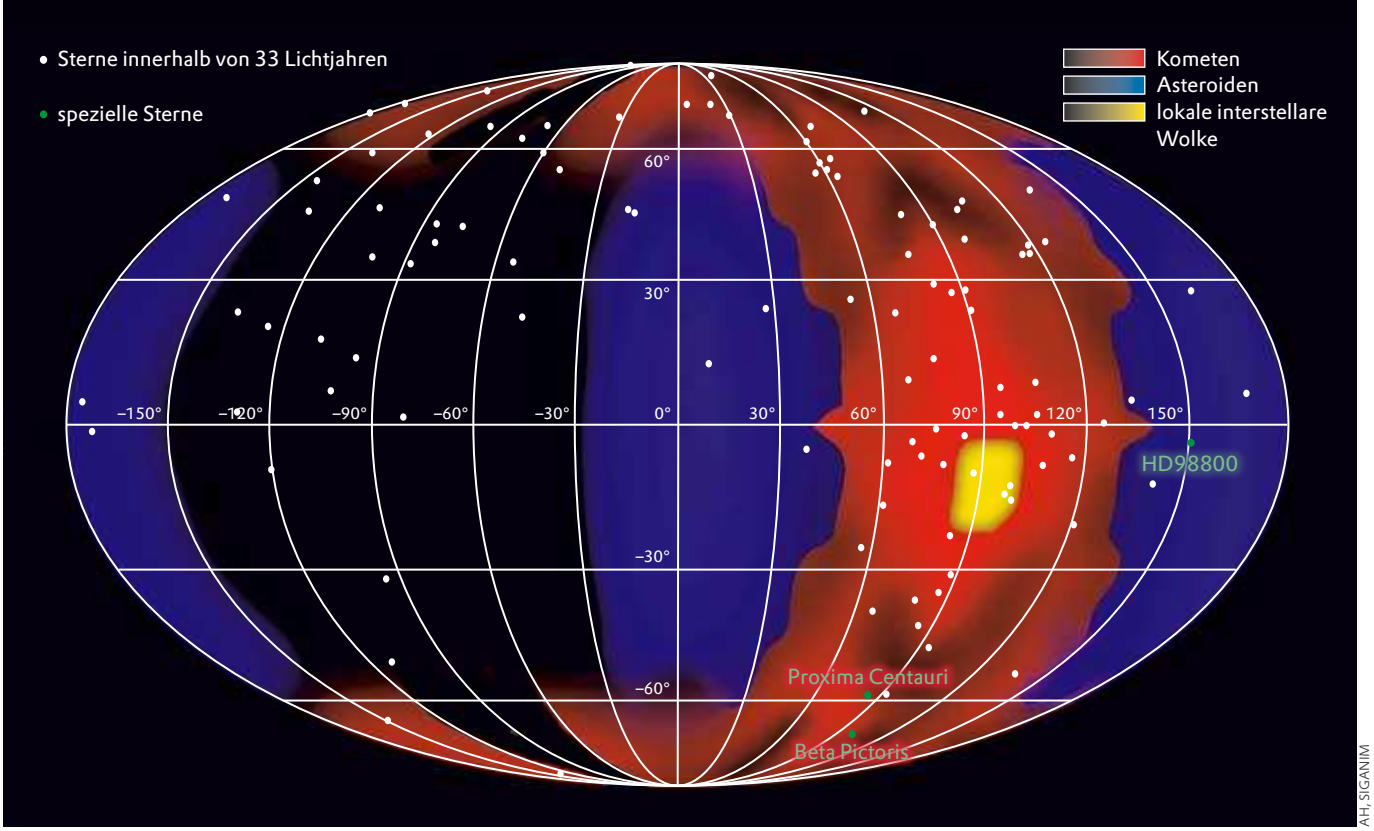
Zum Vergleich: Gewehrkugeln fliegen normalerweise langsamer als einen Kilometer pro Sekunde oder 3600 Kilometer pro Stunde. Die größeren interstellaren Staubpartikel, die uns ja hauptsächlich interessieren, erfahren sogar noch eine zusätzliche Beschleunigung durch die Schwerkraft der Sonne, wenn sie sich

Die lokale interstellare Wolke ist eine riesige Gas- und Staubschwade, in der wir uns befinden (links). Das Aerogel, das beim Staubsammler zum Einsatz kommt, besteht zu 99 Prozent aus Hohlräumen und isoliert daher extrem gut gegen Hitze (rechts).



AH, SIGANIM

NASA



AH, SIGANIM

Spezielle Himmelskarten verzeichnen für jede Richtung die jeweils dominierende Staubkomponente. Das Bild entspricht dem Blick von der Erde (im Frühlingspunkt) aus.

uns nähern. Dabei kommen sie auf Geschwindigkeiten von mehr als 100 000 Kilometern pro Stunde! Wie kann man ein solch schnelles Objekt einfangen?

Hier helfen die ungewöhnlichen Eigenschaften des Aerogels. Dieser Stoff besteht zu über 99 Prozent aus Hohlräumen und ist kaum schwerer als Luft (daher sein Name). Trifft ein Staubteilchen auf die Oberfläche des Aerogels, entwickelt sich eine Stoßwelle, die sich durch das Material fortpflanzt und die Aufprallenergie ableitet. Das Körnchen wird »behutsam« gestoppt; die Bremskräfte bleiben dabei so gering, dass das Partikel nicht verdampft und in den meisten Fällen sogar intakt bleibt. Der Trick besteht darin, die Bremsenergie über eine relativ große Wegstrecke zu verteilen, sodass es zu keiner plötzlichen Aufheizung kommt.

Zusätzlich reißt das Staubteilchen zu Beginn des Einschlags kleine Siliziumkügelchen innerhalb des Aerogels mit sich. Diese Kügelchen schmelzen und bilden eine Schutzhülle um das Partikel. Zirka einen Zentimeter weit dringen die Körnchen in das Aerogel ein, bis sie stecken bleiben. Sie hinterlassen dabei einen kleinen Kanal in dem Material.

Der Staubsammler soll insgesamt ein Jahr lang Partikel einfangen. Wie können die Forscher aus der Richtung des Eindringkanals die ursprüngliche Flugrichtung der Staubteilchen rekonstruieren? Hier kommen die bereits erwähnten akustischen Sensoren ins Spiel. Sie registrieren die Stoßwelle, die beim Auftreffen eines Körnchens durch das Aerogel läuft. Diese Welle breitet sich kreisförmig aus – wie bei einem Kieselstein, den man in einen See wirft. Misst man exakt, wann die Stoßwelle an den Sensoren eintrifft, kann man die Stelle ermitteln, wo das Partikel einschlug.

Fahnder am Werk

Da der Staubsammler sämtliche Stoßwellenverläufe misst und die Ergebnisse speichert, können die Forscher im Nachhinein jedem Eindringkanal eine Aufprallzeit zuordnen. Weil die Fluglage der ISS jederzeit bekannt und der Staubsammler fest an der Station montiert ist, lässt sich für jedes Partikel feststellen, aus welcher Himmelsrichtung es eintraf. Weiterhin verrät die Länge des Eindringkanals, wie schnell das Staubteilchen vor dem Einschlag war. Mit all diesen Informationen kann man die Flugbahn des Partikels rekonstruieren und so seine Quelle ausfindig machen.

Welche Entdeckungen erwarten wir von Lad-C? Wir werden zum Beispiel herausfinden, ob der kosmische Staub in unserer galaktischen Nachbarschaft von nahen Sternen mit Staubscheiben und Planeten stammt – und wenn ja, von welchen. Wir erwarten, dass der Detektor interstellare Partikel einfängt, aber auch solche, die von Kometen und Asteroiden unseres Sonnensystems stammen. Dies wird uns einiges über jene Himmelskörper verraten. Zudem werden sich in dem Aerogel kleine Körnchen finden, die nicht aus natürlichen Quellen stammen: Rückstände von Raketentreibstoffen, Farbpartikel und Explosionsfragmente. Im Gegensatz zu interstellaren Staubteilchen kommen diese künstlichen Partikel aber aus vielen Richtungen und lassen sich daher von ihnen unterscheiden.

In jedem Fall wird uns der Staubsammler helfen, spannende wissenschaftliche Fragen zu beantworten. Unser Weltbild wird sich erweitern, wenn die Wissenschaftler ab 2009 die Messdaten auswerten und nach den Quellen des kosmischen Staubs fahnden. Schließlich wollen wir wissen, woher die Rohstoffe stammen, aus denen die Erde und die Lebewesen auf ihr bestehen! <<

Markus Landgraf arbeitet am Europäischen Raumfahrtkontrollzentrum (Esoc). Er betreut und analysiert die Weltraummissionen »Lisa Pathfinder« und »Darwin«. **Jer-Chyi Liou** ist leitender Wissenschaftler und Manager am Johnson Space Center der Nasa. **Gerhard Drolshagen** arbeitet als Wissenschaftler und Manager am Estec, dem technischen Zentrum der Esa in den Niederlanden.

Das Einmaleins der Sterne

Auf den ersten Blick sehen sie bloß aus wie Lichtpunkte, doch es gibt sie in allen Größen, Farben und Altersklassen.

>> Joseph V. Maugeri

Wenn die Sonne bei diesigem Wetter in milchigem Glanz untergeht, wird mir immer bewusst, dass für mich auch andere Sterne ganz ähnlich aussehen würden – vorausgesetzt, ich könnte sie aus vergleichbarer Entfernung betrachten. Weil die Sonne uns so nahe steht, vergessen wir häufig, dass sie nur ein Stern unter vielen ist. Ihre Sonderstellung in unserem Bewusstsein rührt zum Teil sicherlich daher, dass wir kein anderes Gestirn sehen, solange sie am Firmament steht. Mit ihrer überwältigenden Helligkeit überstrahlt sie einfach alle anderen Himmelskörper. Und weil sie so hell leuchtet, ist es unmöglich, ja sogar gefährlich, sie anzuschauen.

Nur wenn der Himmel nebel- oder dunstverhangen ist, können Sonnenanbeter einen direkten Blick riskieren. In solchen Momenten gerate ich immer ins Staunen über ihre Leuchtkraft und Ausdauer. Kaum zu glauben, dass diese gigantische Kugel schon seit Jahrmilliarden gleißendes Licht verbreitet und die Energie für das Leben auf unserem Planeten liefert.

Die Sonne ist mit einer Entfernung von 150 Millionen Kilometern der einzige Stern, den wir im Detail untersuchen können. Der zweitnächste, Proxima Centauri, ist 270 000-mal weiter entfernt; seine Distanz zu uns beträgt 40 Billionen Kilometer! Durchs Fernrohr betrachtet – selbst durchs Weltraumteleskop Hubble –, erscheint Proxima Centauri lediglich als winziges Lichtpünktchen.

Bislang haben die Astronomen das meiste, was sie über Sterne wissen, aus Untersuchungen der Sonne abgeleitet. Doch in den letzten zwanzig Jahren wandten sie sich immer mehr auch den anderen 300 Milliarden Sternen der Milchstraße zu. Das liegt hauptsächlich daran, dass wir die Sonne nur während eines sehr kurzen Moments ihres langen Daseins erleben. Untersuchen wir auch die anderen Gestirne unserer Heimatgalaxie, dann finden wir darunter viele, die sich gerade in völlig anderen »Lebensabschnitten« befinden. Die Geheimnisse dieser faszinierenden Himmelsobjekte begreifen wir erst, wenn wir uns darüber klar werden, wie Sterne geboren werden, reifen und vergehen.

Heute ist die Sonne etwa 4,6 Milliarden Jahre alt und befindet sich quasi in der Blüte ihrer Jahre. Ihr Leben lässt sich in drei Abschnitte gliedern: Geburt (sie dauerte dreißig Millionen Jahre!), Erwachsenendasein (eine lang anhaltende, stabile Phase, in der sich unser Zentralstern gerade befindet) und Tod (eine Abfolge heftiger Veränderungen, die sich über etwa eine Milliarde Jahre erstrecken wird). Wenn all dies vorbei ist, wird unsere Sonne nur noch als toter, langsam auskühlender Schlackehaufen durchs All fliegen.

Diese drei Phasen gelten nicht allein für unsere Sonne, sondern für die meisten Sterne. Dabei gibt es lediglich unwesentliche Abweichungen. Um zu verstehen, wie ein Stern entsteht, ist es gut, die stellaren Lebensabschnitte im Einzelnen zu betrachten.

Eine Sterngeburt beginnt mit einer riesigen Wolke aus Gas und Staub, die einen Durchmesser von mehreren hundert >

Blau, rot oder weiß Die Farbe eines Sterns verrät viel über seine Geschichte, denn diese folgt einem festen Kreislauf des Entstehens, Reifens und Vergehens.

ILLUSTRATION: NIGHT SKY, CASEY B. REED

> oder tausend Lichtjahren besitzt und fast vollständig aus Wasserstoff besteht. Wird sie an irgendeiner Stelle gestört, beginnt die Wolke sich nach einiger Zeit zusammenzuziehen. Hat dieser Kollaps erst einmal eingesetzt, kommt eine ganze Kettenreaktion von Ereignissen in Gang.

Zunächst bilden sich innerhalb der zusammenstürzenden Gaswolke einzelne Bereiche, die eine höhere Dichte besitzen als die Umgebung – so genannte Wolkenkerne. Je dichter sie sind, umso größer ist die Wirkung ihrer Schwerkraft. Dadurch fällt weiteres Material nach: Die Wolkenkerne werden immer dichter – ein sich selbst verstärkender Prozess.

Vom Proto- zum Hauptreihenstern

Bald bildet sich im Zentrum jedes Wolkenkerns ein Protostern. Auf Grund seiner eigenen Masse und der damit verbunden Gravitation zieht er sich immer weiter zusammen. Das Gas, aus dem er besteht, verdichtet und erhitzt sich unaufhörlich. Wenn die Temperatur im Zentrum mehrere Millionen Grad erreicht hat, setzt die Verschmelzung von Wasserstoff- zu Heliumkernen ein – die so genannte Kernfusion – und der Protostern verwandelt sich in einen echten Stern.

Obwohl die Kernfusion häufig als Wasserstoffbrennen bezeichnet wird, hat sie mit einer chemischen Verbrennung nichts zu tun. Bei einer »normalen« Flamme, etwa bei einem Lagerfeuer, verbinden sich Atome zu Molekülen (oder Moleküle zu anderen Molekülen), die Atome selbst bleiben erhalten. Bei der Kernfusion hingegen verschmelzen Atomkerne miteinander, um gänzlich andere Atome zu formen. Wenn im Innern eines Sterns eine gewisse Zahl Wasserstoffkerne zu Heliumkernen fusionieren, dann wird vier Millionen Mal so viel Energie frei, wie wenn die gleiche Menge Wasserstoff »normal« (das heißt, mit Sauerstoff in einer Flamme) verbrennen würde.

Zehn Millionen Jahre benötigte die Sonne, um sich von einem Proto- zu einem echten Stern zu entwickeln. Aus menschlicher Sicht mag das lang erscheinen, aber es entspricht gerade einmal 0,1 Prozent der gesamten Lebensdauer unseres Zentralgestirns. Sterne reifen also sehr schnell und verbringen den weitaus größten Teil ihres Lebens im Stadium des »Erwachsenendaseins«.

Dieses nennen die Forscher auch Hauptreihenphase (nach der Hauptreihe im Hertzsprung-Russel-Diagramm, siehe AH 5/2004, S. 26). Während dieser Zeit verändert sich der Stern kaum. Das Gas in seinen äußeren Schichten drängt stets nach innen. Die Fusionsprozesse im Zentrum des Sterns produzieren jedoch einen gewaltigen, nach außen gerichteten Druck, der dem Gewicht der Hülle entgegenwirkt. Es entsteht eine Pattsituation: Einwärts und auswärts gerichtete Kräfte kompensieren sich gegenseitig, sie stehen im Gleichgewicht; der Stern hört auf zu kontrahieren und seine Größe ändert sich fortan nur noch geringfügig.

Interessant an diesem Zustand ist, dass er sich selbst stabilisiert: Der zentrale »Brennofen« passt sich stets so an, dass die Balance erhalten bleibt. Wird der Druck von innen zu groß, dann bläht sich der Stern auf; dadurch nehmen Dichte und Temperatur im Kern ab und die Fusionsprozesse verlangsamen sich, sodass weniger Energie erzeugt wird. Lässt der Druck von innen nach, dann zieht sich der Stern zusammen; Dichte und Temperatur im Kern nehmen zu und die Kernfusionsvorgänge laufen schneller ab – die Kontraktion kommt zum Erliegen.

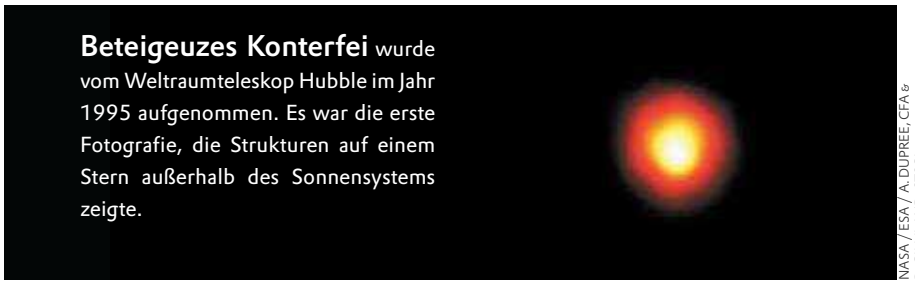
Die Helligkeit eines Hauptreihensterns hängt fast nur von seiner Masse ab. Massereiche Sterne haben eine große Schwerkraft, hohe Temperaturen im Kern und »verbrennen« den Wasserstoff schneller. Die strahlend blaue Wega, um ein Beispiel zu nennen, hat zweieinhalbmal so viel Masse wie unsere Sonne und ist vierzigmal so hell. Sie ist am Winterhimmel in Horizontnähe zu sehen, in Sommernächten steht sie hoch oben am Himmel.

Wie hell ist ein Stern?

Im Gegensatz dazu besitzt Proxima Centauri ein Achtel der Masse unserer Sonne und bringt nur ein Zehntausendstel ihrer Leuchtkraft auf. Wie Sie an diesen Zahlen sehen können, ergeben kleine Unterschiede in der Masse bereits beträchtliche Differenzen in der Helligkeit.

Sterne wie Proxima Centauri sind viel häufiger zu finden als solche, die der Wega ähneln. Wegen ihrer geringen Lichtstärke sind sie jedoch sehr leicht zu übersehen. Das zeigt sich zum Beispiel darin, dass Proxima erst 1915 entdeckt wurde und Astronomen noch heute immer neue unbekannte Sterne in unserer unmittelbaren Nachbarschaft finden, die ähnlich schwach strahlen.

Beim Anwenden der Begriffe »hell« und »schwach« auf Sterne ist jedoch Vorsicht geboten. Wie lichtstark uns ein Stern erscheint, hängt von zwei Dingen ab: seiner wirklichen, absoluten Helligkeit (der Leuchtkraft) und seiner Entfernung von



Beteigeuzes Konterfei wurde vom Weltraumteleskop Hubble im Jahr 1995 aufgenommen. Es war die erste Fotografie, die Strukturen auf einem Stern außerhalb des Sonnensystems zeigte.

NASA / ESA / A. DUPREE, CFA & R. GILLILAND, STSCI

Ein Sonnenleben

Zu diesem Beitrag stehen Ihnen auf unserer Internetseite www.wissenschaft-schulen.de kostenlos didaktische Materialien zur Verfügung, mit deren Hilfe folgende Themen im Unterricht behandelt werden können: Auffinden von Sternen in unterschiedlichen Lebensabschnitten sowie grundsätzliche Betrachtungen zur Sternentwicklung. Wichtige Zustandsgrößen der Sterne lassen sich unter vereinfachenden Annahmen berechnen. Thema ist auch der Lebensweg der Sonne – unseres nächsten Sterns –, warum es in ihrem Innern eigentlich dunkel ist und auf welche Größe sie hypothetisch schrumpfen müsste, um ein Schwarzes Loch zu werden.

Unser Projekt **Wissenschaft in die Schulen!** führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH großzügig gefördert.

uns. Ein Autoscheinwerfer in einem Kilometer Entfernung erscheint weniger hell als eine Taschenlampe einige Schritte vor Ihrem Gesicht. In ähnlicher Weise wirken Sterne mit hoher Leuchtkraft, die sich in großer Entfernung befinden, schwächer als solche mit geringer Leuchtkraft, die recht nah stehen. Unerfahrene Sterngucker unterliegen immer wieder der Täuschung, dass zwei eng beieinanderstehende Sterne mit ähnlicher Helligkeit zusammenzugehören scheinen. In Wahrheit können sie jedoch hunderte Lichtjahre voneinander entfernt sein!

Wenn Sie sehr aufmerksam zum Nachthimmel blicken, stellen Sie vielleicht fest, dass viele der hellsten Sterne unterschiedliche Farben besitzen. Mit Feldstechern und Teleskopen erkennen Sie dies sogar ziemlich deutlich. Anders als die bunten Lichter in unserem Alltag schimmern Sterne oft nur leicht in einem bestimmten Farbton, aber ihre Tönung sagt eine Menge darüber aus, was in ihrem Innern passiert.

Tod als Roter Riese

Erhitzen Sie ein Stück Metall mit einer Lötlampe, wird es sich mit steigender Temperatur zuerst rot, dann gelb, dann weiß und schließlich blauweiß verfärben. Sterne folgen demselben Muster. Die blaue Tönung der Wega verrät, dass ihre Oberfläche sehr heiß ist, nämlich um die 9400 Grad. Ein kühler, massearmer Stern wie Proxima Centauri (Oberflächentemperatur: zirka 3000 Grad Celsius) leuchtet hingegen rötlich. Die Sonne liegt irgendwo dazwischen – ihre Oberflächentemperatur von etwa 5500 Grad verleiht ihr ein gelbliches Aussehen.

Kommen wir nun zum letzten Abschnitt im langen Dasein eines Sterns – seinem Tod. Was passiert in dieser Phase mit unserer Sonne? Innerhalb der nächsten paar Milliarden Jahre wird ihre Leuchtkraft allmählich zunehmen; irgendwann haben die Kernfusionsprozesse in ihrem Zentrum den Wasserstoff aufgebraucht. Dann kommt dieser Vorgang zum Erliegen. Da nun kein nach außen gerichteter Strahlungsdruck mehr existiert, stürzen die äußeren Hüllen in Richtung des Kerns. Infolgedessen verdichten sich die inneren Bereiche und heizen sich so extrem auf, dass die Fusion nun in jener Schicht zündet, die den Kern umgibt. Es tritt eine paradoxe Situation ein: Der Stern erzeugt pro Zeiteinheit mehr Energie als vorher, obwohl er den Brennstoff in seinem Kern verbraucht hat.

Durch diese zusätzlich Energie blähen sich die äußeren Schichten unseres Zentralsterns auf, bis sie auf das Hundertfache ihrer heutigen Größe angewachsen sind – genug, um den Planeten Merkur zu schlucken. Die Temperaturen auf der Erde werden stark ansteigen, wodurch alles Wasser auf unserem Heimatplaneten verdampft. Könnten heutige Astronomen die Sonne zu diesem dramatischen Zeitpunkt beobachten, würden sie sie als Roten Riesen klassifizieren.

Sterne bleiben nicht lange in der Phase des Roten Riesen – schätzungsweise zwei Prozent ihrer gesamten Lebenszeit. Unter den Sternen der Milchstraße befindet sich nur etwa einer von fünfzig in diesem Stadium. Weil Rote Riesen aber sehr hell leuchten, sind sie im Gegensatz zu manch anderen Himmelskörpern kaum zu übersehen – was dazu verleitet, ihren Anteil zu überschätzen. In der Tat zählen sämtliche Sterne, die dem unbewaffneten Auge rötlich erscheinen, zu dieser Gruppe oder zu ihren engen Verwandten, den Roten Überriesen.

Endstation Weißer Zwerg

Nachdem die Sterne dieses Stadium durchlaufen haben, kontrahieren die meisten wieder, gefolgt von einer weiteren Expansion. Das Zusammenziehen und Aufblähen kann sich mehrmals wiederholen, wobei Letzteres jedes Mal schneller und heftiger abläuft. Bei der allerletzten Expansion verlieren sonnenähnliche Sterne einen Großteil ihrer Masse, indem sie ihre äußeren Schichten ins All abstoßen. Diese bilden um den ehemaligen Stern herum einen Planetarischen Nebel – eine Hülle aus Gas, die >

In fünf oder sechs Milliarden Jahren wird auch aus unserer Sonne ein Roter Riese – und aus unserer Erde ein lebloser Planet, auf dem nur noch verbrannte Steine existieren.

ILLUSTRATION: NIGHT SKY, CASEY B. REED

> immer weiter ins All hinausdriftet und das Baumaterial für neue Sterne liefert.

Nach dem finalen Aufblähen unserer Sonne und dem Abstoßen ihrer äußeren Schichten wird nicht viel mehr von ihr übrig bleiben als ein schwach leuchtendes Objekt von der Größe der Erde – ein Weißer Zwerg. Er enthält die Überreste des ehemaligen Sonnenkerns, verfügt jedoch über keinerlei Wasserstoff mehr. Sein mattes Glühen resultiert nicht aus Fusionsprozessen – die sind vollständig zum Erliegen gekommen –, sondern allein aus der in ihm gespeicherten Wärme. Die Planeten und Monde, die in unserem Sonnensystem dann noch existieren, werden diesen Weißen Zwerg weiterhin umkreisen und allmählich abkühlen.

Irgendwann ist für jeden Stern der Moment gekommen, wo ihm der Brennstoff für die Kernfusion ausgeht. Die Astronomen können diesen Zeitpunkt ziemlich genau vorhersagen, sofern sie die Masse des Himmelskörpers kennen. Je massereicher ein Stern, desto schneller verbraucht er seinen Brennstoff und desto kürzer ist sein Leben. Proxima Centauri zum Beispiel wird noch weitere zehn Billionen Jahre (!) bestehen, während der Untergang der massereicheren Wega schon in einer Milliarde Jahre einsetzt.

Supernovae und Neutronensterne

Die meisten massereichen Sterne verabschieden sich mit einem großen Knall: Nachdem sie ihr Brennmaterial verbraucht haben, stürzen ihre äußeren Schichten mit einer derartigen Gewalt nach innen, dass diesem Schock nicht einmal die starken Kräfte innerhalb der Atomkerne zu widerstehen vermögen. Unter dem enormen Druck von außen beginnt der Kern des Gestirns zu implodieren. Doch schon nach wenigen Bruchteilen einer Sekunde organisiert er sich in einer extrem dichten Packung neu und hört auf zu schrumpfen. Die Unmenge an Materie, die von außen nachströmt, trifft jetzt unvermittelt auf Widerstand und prallt zurück. Eine riesiger Rückstoß entsteht, der das gesamte Material der äußeren Schichten ins All katapultiert – eine gigantische Explosion und eines der beeindruckendsten Schauspiele im Universum. Astronomen bezeichnen ein solches Ereignis als Supernova. Einige Tage lang strahlt ein solches Feuerwerk heller als sämtliche anderen Sterne in ihrer Galaxie zusammengenommen.

Die Zwiebelschalenstruktur der Sonne

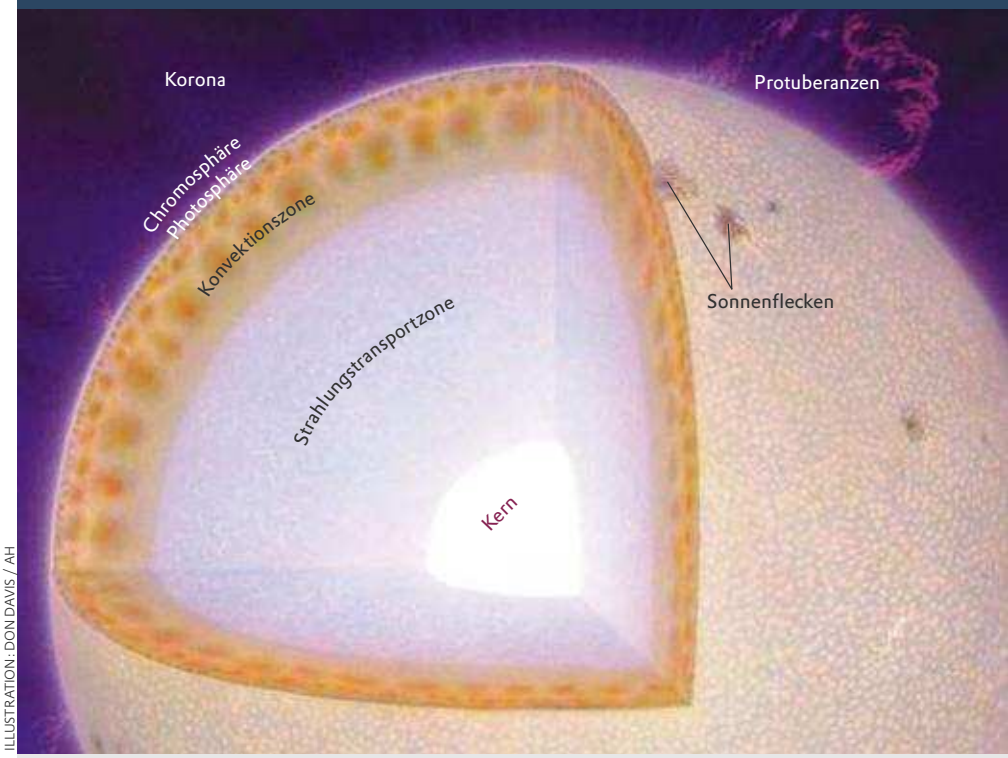


ILLUSTRATION: DON DAVIS / AH

Nach unserem heutigen Verständnis vom Sternaufbau findet die Kernfusion im innersten Bereich statt. Die Energie wird von dort langsam nach außen weitergeleitet – zuerst überwiegend durch Wärmestrahlung (das ist die Strahlung, die man spürt, wenn man die Hand in die Nähe einer kalten Fensterscheibe ins Sonnenlicht hält) und im äußeren Drittel durch Konvektion, vergleichbar den Luftströmungen, die sich an einem warmen Heizkörper entwickeln.

Nach der Sternstrukturtheorie hängt die Dicke der Konvektionszone von der Masse des Sterns ab. In Zwergsternen mit etwas weniger als der Hälfte der Sonnenmasse reicht die Konvektionszone bis in den Kern – man nennt solche Sterne deshalb »vollkonvektiv«. In massereicheren Sternen werden die Konvektionszonen immer dünner und bei Riesensternen verschwinden sie schließlich völlig.

Der innere Kern des ehemaligen Sterns hat sich während seiner Implosion in einen Neutronenstern verwandelt, eine Kugel von etwa zwanzig Kilometer Durchmesser, die – wie der Name schon sagt – aus Neutronen besteht und eine extrem hohe Massendichte aufweist. Ein Teelöffel davon würde auf der Erdoberfläche etwa 300 Millionen Tonnen wiegen. (Seit einiger Zeit vermuten die Forscher, dass Neutronensterne zum Teil auch aus Quarkmaterie bestehen könnten, siehe AH 9/2006, S. 12.) Ein Neutronenstern dreht sich mit unvorstellbarer Geschwindigkeit um sich selbst, nämlich typischerweise mehrere hundertmal pro Sekunde. Stünden Sie auf seiner Oberfläche, würde Ihr Körper auf Grund der starken Gravitation zu einem Fladen zerquetscht, der dünner wäre als das Papier, auf dem diese Zeilen gedruckt sind. Wenn Sie das nächste Mal durch Ihr Teleskop schauen, erinnern Sie sich noch einmal daran, dass Sterne nicht bloß Lichtpünktchen sind, sondern gewaltige Fusionsreaktoren, die seit Millionen oder Milliarden Jahren brennen. Hinsichtlich ihrer Entfernung, Größe, Masse, Temperatur, Leuchtkraft, Farbe und ihres Alters unterscheiden sie sich enorm. Und eines fernen Tages werden sie untergehen und verlöschen – damit ihr Material einem neuen Stern zu neuem Leben verhilft. <<

Joseph V. Maugeri ist Amateurastronom und Autor. Als Student fuhr er eine alte Schrottkiste mit dem Spitznamen »Supernova«.

Mehr zu diesem Artikel unter www.astronomie-heute.de/artikel/857849

Auf großer Fahrt

Das Lunar Roving Vehicle war das erste Astronautenauto auf dem Mond. Seine Entwicklung verlangte den Ingenieuren einiges ab – denn auf dem Trabanten fährt es sich nicht wie auf der Erde.

>> Stephan Günther

Fünfhundert Millionen Menschen sollen am 20. Juli 1969 gebannt vor dem Fernseher gesessen haben, um die ersten Schritte Neil Armstrongs auf dem Mond zu verfolgen. Mit Apollo 11 hatten die Menschen endgültig den bemannten Aufbruch ins All geschafft. Zwei Jahre später brachten sie schon ihr Auto mit.

Als 1960 die Geburtsstunde des Apollo-Projekts schlug, dachte noch niemand daran, ein Fortbewegungsmittel für die Außeneinsätze einzuplanen. Erst drei Monate vor der ersten Mondlandung beschloss die Nasa, dass für zukünftige Missionen ein Fahrzeug nützlich sei – verschaffte es den Astronauten doch einen größeren Aktions- und Forschungsradius.

Apollo 15 sollte als erste Mission mit der neuen Technik ausgestattet werden. Doch zu diesem Zeitpunkt war noch nicht einmal klar, ob ein autoähnliches Mobil überhaupt auf dem Erdtrabanten fahren würde.

Unter Zeitdruck

Ein gewisser Saverio F. Morea wurde beauftragt, diese Frage zu klären und gegebenenfalls innerhalb von 17 Monaten ein voll funktionsfähiges Mondfahrzeug zu entwickeln. Eine knappe Zeit, wenn man bedenkt, dass andere Nasa-Projekte zur damaligen Zeit mindestens fünf Jahre zur Verfügung hatten.

Der neu ernannte Projektmanager begann sofort mit der Zusammenstellung seines Teams und der Recherche aller nötigen Informationen. Hierzu gehörte auch ein Treffen mit der Apollo-11-Crew, nachdem sie von ihrer historischen Mission wieder sicher auf die Erde zurückgekehrt war.

Nach den Eigenschaften gefragt, die ein zukünftiges Fahrzeug vorzuweisen hätte, antwortete Armstrong, dass es da oben überall nur Krater gäbe und ein Mondauto wohl Räder mit einem Durchmesser von mindestens sechs Metern haben müsste. Je länger Morea Armstrong zuhörte, desto klarer wurde ihm, dass er mit dessen Aussagen nicht wirklich etwas anfangen konnte. Erzählte Armstrong doch immer nur, wie es nicht funktionieren würde. Letztendlich nahm Morea aus dem Meeting die Erkenntnis mit, dass es auf dem Mond unzählige Krater gibt und dass die Reifen relativ groß sein müssten.

Bevor er und seine Kollegen über solche Detailfragen nachdachten, galt es sich mit den grundlegenden Problemen auseinanderzusetzen: dem zusätzlichen Gewicht des Mondrovers und seiner Mitnahme in der Landefähre. Jedes Kilogramm an Fahrzeuggewicht musste beim Treibstoff eingespart werden. Aber genau dieser Punkt bereitete den Astronauten Sorgen – aus Sicherheitsgründen bestanden sie auf möglichst viel Sprit im Tank. So konnten sie in der Schlussphase der Landung lange genug über der Mondoberfläche schweben, um in Ruhe eine optimale Landestelle auszuwählen.

Gewichtsprobleme

Das endgültige Fluggewicht des ersten Lunar Rover Vehicle (LRV) sollte ungefähr zweihundert Kilogramm betragen. Dies verringerte sich auf Grund der geringeren Anziehungskraft des Monds dort effektiv auf etwa ein Sechstel. Dennoch bedeutete es eine Verkürzung der Brenndauer des Abstiegtriebwerks um zwanzig bis dreißig Sekunden und damit der begehrten Schwebezeit.

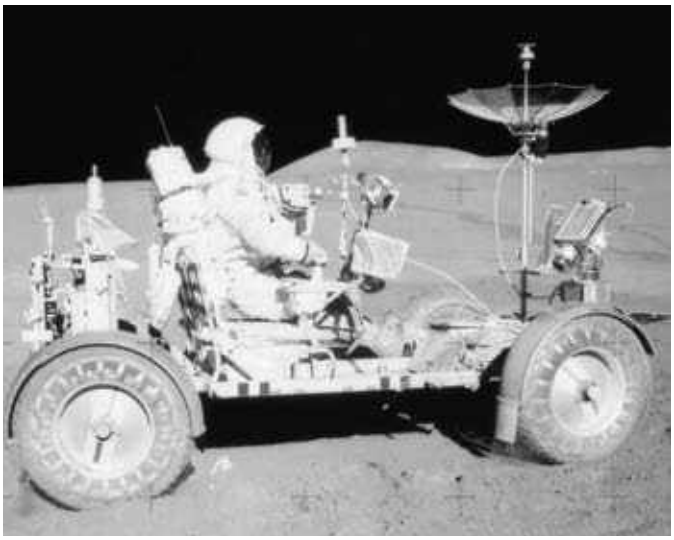
Das zusätzliche Gewicht eines Mondautos war anfangs eines der Hauptargumente, die gegen dessen Umsetzung sprachen. Letztendlich bewertete die Nasa die Notwendigkeit einer größeren Mobilität der Astronauten jedoch höher. Die Planungen konnten in die nächste Runde gehen.

Unter irdischen Schwerkraftverhältnissen war der Rover auf Grund seiner leichten Konstruktion – vorwiegend bestand er aus Aluminium – viel zu zerbrechlich, um »auf eigenen Füßen« zu stehen. Für Testzwecke entwickelten die Ingenieure deshalb ein spezielles Stützgestell.

Nun wurde auch die Frage nach den passenden Reifen wieder aktuell. Wo- >

Commander Cernan besteigt während der Apollo-17-Mission das Lunar Roving Vehicle, um wenig später einen Geschwindigkeitsrekord aufzustellen.

NASA



BEIDE FOTOS: NASA

Die Apollo-15-Crew David Scott, Alfred Worden und James Irwin (von links) dürfen den Rover zum ersten Mal mit auf den Mond nehmen. Während des Außeneinsatzes unternimmt Kommandant Scott die Jungfernfahrt (rechtes Bild).

> raus sollten sie bestehen, damit sie auf dem Mond funktionierten? Gummireifen konnte man jedenfalls nicht verwenden, da sie im luftleeren Raum platzen würden. Nach unzähligen Versuchen und Berechnungen entschied sich das Team dafür, die Reifen aus Klaviersaiten zu konstruieren. Diese waren relativ leicht, aber trotzdem sehr strapazierfähig. Damit wiesen sie alle geforderten Materialeigenschaften auf. Um ganz sicherzugehen, beschichteten sie die Saiten noch mit Zink. Das Ergebnis: 23 Zentimeter breite Reifen mit einem Durchmesser von 81 Zentimetern.

Diese mussten, wie auch der Rest des Fahrzeugs, den enormen Temperaturdifferenzen auf der lunaren Oberfläche standhalten. Immerhin herrschen auf dem Mond auf Sonnen- und Schattenseite Temperaturen zwischen minus 153 und plus 118 Grad Celsius. Das Ziel war ein Maximum an Zuverlässigkeit und Sicherheit bei einem Minimum an Gewicht.

Richtig wendig, der Kleine

Jedes der vier Räder wurde deshalb von einem eigenen Elektromotor direkt angetrieben. Im Notfall würde sogar nur ein einziges angetriebenes Rad reichen, um das Außenteam sicher zur Mondlandefähre zurückzubringen. Die Energie für den Antrieb lieferten zwei separate Batterien, die nacheinander oder gleichzeitig nutzbar waren.

Als Steuerelement setzten die Konstrukteure anstatt eines Lenkrads einen T-förmigen Joystick ein. Den liebten die Astronauten besonders, erinnert sich Morea in einem Gespräch, da er sehr viel Ähnlichkeit mit dem Steuerknüppel eines Kampfflugzeugs hatte. Dieser erlaubte es ihnen, den Rover zu steuern, zu beschleunigen und abzubremsen. Da er zwischen den beiden Sitzen angebracht war, konnte er sogar abwechselnd von beiden Raumfahrern bedient werden. Ein Schalter am Joystick ließ die Fahrer wahlweise den Vorwärts- oder Rückwärtsgang einlegen. Und auch an eventuelle Wendemanöver dachten die Erbauer: Vorder- und Hinterachse waren getrennt voneinander oder zusammen steuerbar, sodass das Mondfahrzeug auf kleinstem Raum wenden konnte.

Da sich das Mondauto bei den geplanten Exkursionen einige Meilen von der Landefähre entfernen würde, musste

Saverio F. Morea – federführend bei der Entwicklung des Mondrovers

Der 1932 in New York geborene Saverio F. Morea stammt aus einer italienischen Einwandererfamilie. Während seiner Schulzeit nahm er nebenbei Flugunterricht und machte den Pilotenschein. Am New Yorker City College erwarb er 1954 einen Ingenieursabschluss und fand anschließend eine Stelle bei dem Flugzeughersteller North American Aviation in Los Angeles. Diese Firma ist heute unter dem Namen Rockwell International bekannt. Er arbeitete dort am »Navaho-Projekt«, der Entwicklung einer überschallschnellen Interkontinentalrakete.

STEPHAN GÜNTHER

Erinnerungsfoto Autor Stephan Günther mit Saverio Morea (links)

Danach wurde Morea zum Militärdienst berufen. Bereits nach kurzer Zeit erfolgte die Abkommandierung zum Redstone Arsenal in Huntsville im US-Bundesstaat Alabama, um dort unter der Leitung von Wernher von Braun am amerikanischen Raketenprogramm mitzuwirken. Im Jahr 1960 wurde er Projektmanager für die Entwicklung des neuen F1-Triebwerks, das als Antrieb der geplanten Mondrakete Saturn V dienen sollte. Ab 1966 wendete er sich der Arbeit an diesem Triebwerk zu, das den entscheidenden Schub liefern sollte, um das Apollo-Raumschiff vom Erdorbit auf Mondkurs zu beschleunigen.

Nach den ersten erfolgreichen Einsätzen der Saturn V übertrug ihm von Braun die Projektleitung für die Entwicklung des Lunar Roving Vehicle.

NASA

Inspektion des Rovers Apollo-16-Kommandant John Young (hinter dem Reifen) und der Mondfährenpilot Charles Duke (vorne) begutachten das zusammengefaltete Mobil.

auch ein Navigationssystem integriert werden. Anfangs war ein computergestütztes System im Gespräch. Letztendlich entschied man sich jedoch für eine sehr viel einfachere Methode: einen Kurskreisel, also eine Art Kompass, ähnlich wie er auch in den meisten Flugzeugen verwendet wird. Er sollte sicherstellen, dass die Astronauten jederzeit den Weg zurück zur Landefähre finden. Ergänzt wurde das Navigationssystem durch ein Zählwerk, das die Radumdrehungen des Rovers erfasste und sie in die gefahrene Distanz umrechnete. Im äußersten Notfall blieb den Astronauten außerdem die Möglichkeit, anhand ihrer eigenen Radspuren wieder zum Ausgangspunkt zu gelangen.

Nachdem aus den Konstruktionsplänen die ersten Prototypen entstanden waren, mussten sie sich sogleich unter verminderter Schwerkraft beweisen. Flugzeuge flogen unzählige Parabeln, um die Gravitation des Monds zu simulieren. Dabei zeigte sich schnell, dass die Astronauten teilweise bis zu zehn Minuten brauchten, um in ihrem zukünftigen Auto Platz zu nehmen und sich entsprechend zu sichern. Das lag auch an den klobigen Raumanzügen.

Bei einem Einsatz auf dem Mond ist aber jede Minute, ja sogar jede Sekunde kostbar. Folglich mussten Morea und seine Helfer eine bessere Lösung finden. Letzten Endes war diese durch und durch alltagstauglich. Man verwendete Klettverschlüsse an den Rückenlehnen sowie an den Raumanzügen, um die Astronauten auf den Sitzen zu halten. Sicherheitsgurte taten ein Übriges.

Die letzte Herausforderung lag im Transport des Fahrzeugs zum Erdtrabanten. In der Mondlandefähre stand nur ein Laderaum von knapp einem Kubikmeter zur Verfügung. Das fahrbereite Fahrzeug hatte aber eine Länge von etwa drei Metern, eine Breite von zwei Metern und eine Höhe von einem Meter – macht zusammen ein Volumen von acht Kubikmetern. Das Team löste das Platzproblem, indem es das Fahrzeug für die Reise zusammenfaltete. Auf dem Mond sollten die Astronauten es dann innerhalb von wenigen Minuten auspacken können. Einer von ihnen zog dafür an einer speziellen Schnur, bis das Fahrzeug weit genug aus der Ladebucht herausstand.

Geprüfte Qualität

Daraufhin entfaltete sich der Rover selbstständig, ohne dass die Besatzung Hand anlegen mussten. Diese Funktion war nicht zuletzt auch aus Sicherheitsgründen notwendig, denn Beschädigungen der Raumanzüge galt es unter allen Umständen zu verhindern.

Für die Entwicklung des Lunar Roving Vehicle wurden anfänglich 19 Millionen US-Dollar veranschlagt, am Ende kostete es allerdings das Doppelte. Insgesamt wurden vier dieser Mondautos hergestellt. Da Missionen gestrichen wurden, verblieb das jüngste von ihnen auf der Erde. Die anderen drei kamen bei den Apollo-Missionen 15, 16 und 17 zum Einsatz und erledigten ihre Aufgaben perfekt.

Alles in allem legten die Astronauten mit ihrem neuen Geländewagen etwa neunzig Kilometer auf der Oberfläche des Monds zurück und waren absolut begeistert von dessen Fahreigenschaften. Gene Cernan, Kommandant von Apollo 17 (Foto S. 37), schaffte es sogar, auf beachtliche 18 Kilometer pro Stunde zu beschleunigen, als er einen Berg hinabfuhr.

Diese Geschwindigkeit würde man hier auf der Erde sicherlich nicht als schnell bezeichnen – auf Mondterrain liegt sie allerdings schon am Rand des Möglichen (siehe AH 10/2006, S. 46). Schließlich ist die lunare Oberfläche mit unzähligen kleinen und großen Kratern bedeckt und mit einer riesigen Anzahl von Gesteinsbrocken übersät. Darüber hinaus sorgt die verminderte Anziehungskraft für eine geringere Bodenhaftung des Fahrzeugs, was jede Fahrt zu einem Abenteuer werden lässt.

Cernan fasste sein Urteil über das Lunar Roving Vehicle mit folgenden Worten sehr treffend zusammen: »A super machine to drive.«

Die drei Rover stehen noch heute so auf dem Mond, wie sie einst verlassen wurden. In naher Zukunft werden vielleicht die nächsten Mondbesucher sie als historische Artefakte bewundern können. <<

Stephan Günther betreibt mit Kollegen die Softwarefirma »Space Dream Studios«.

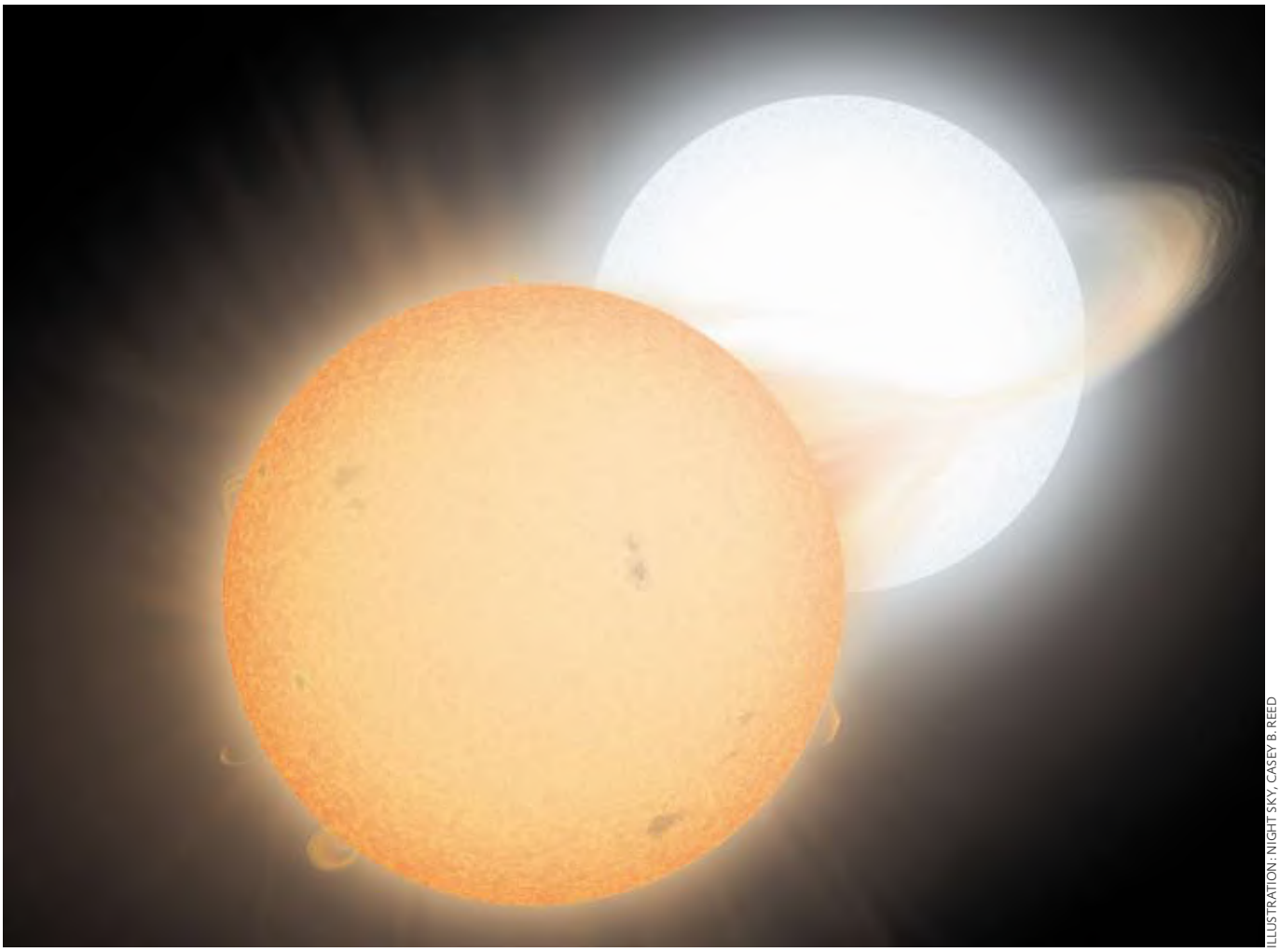


ILLUSTRATION: NIGHT SKY, CASEY B. REED

Doppelsternsystem Algol wirkt von der Erde aus wie ein einzelner Stern. In Wahrheit aber sind es zwei, die sich umkreisen. Passiert der dunklere den leuchtkräftigeren, so erscheint uns der Doppelstern weniger hell.

Unstete Sterne

Am herbstlichen Nachthimmel kann man zwei besondere Sterne beobachten: Algol und Delta Cephei. Sie verändern ihre Helligkeit mit der Präzision eines Uhrwerks. **>> Ken Hewitt-White**

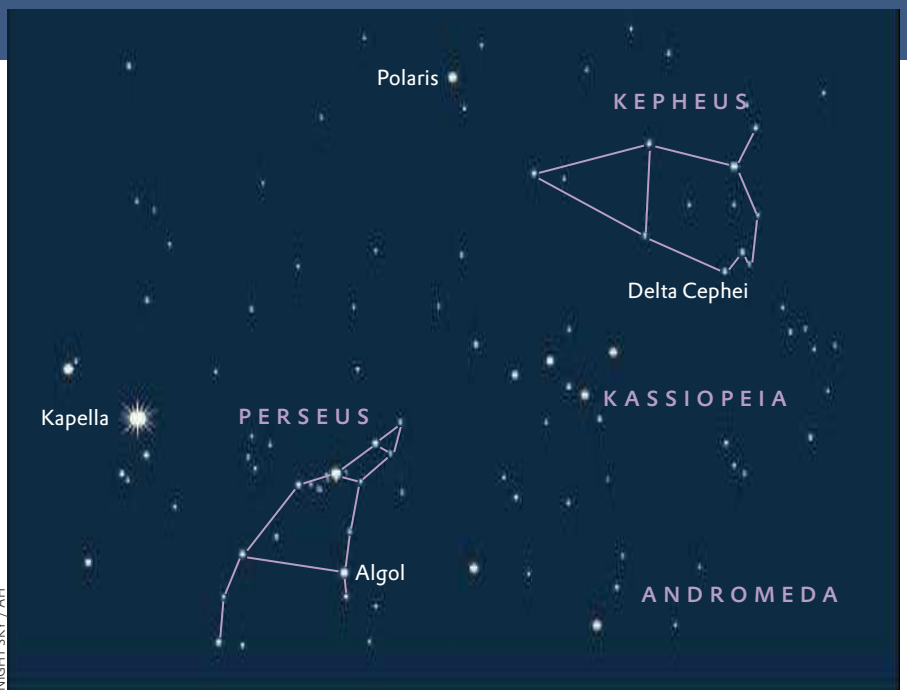
Der Sternhimmel gilt oft als der Inbegriff an Beständigkeit. Lediglich die Planeten unseres Sonnensystems oder gelegentlich in Erscheinung tretende Kometen wandern über den Himmel und sorgen so für etwas Abwechslung. Die Sternbilder sehen Jahr für Jahr genau gleich aus. Doch ist das nächtliche Panorama wirklich so unveränderlich, wie es scheint?

Keinesfalls: Denn nicht alle Sterne strahlen mit konstanter Helligkeit. Manche davon sind »variable Sterne« oder »Veränderliche«. Sie heißen so, weil sie von der Erde aus gesehen manchmal heller und manchmal dunkler wirken – bei einigen geschehen solche Schwankungen im Lauf von Monaten, bei anderen gar innerhalb weniger Tage. Allerdings darf man diese Veränderungen nicht mit dem Funkeln verwechseln, das allen Sternen gemeinsam ist. Dieses entsteht erst, wenn ihr Licht durch unsere turbulente Erdatmosphäre fällt.

Die Strahlung Veränderlicher hingegen variiert direkt an der Quelle. Hält man nach ihnen Ausschau, so findet man bei manchen sogar sehr große Schwankungen. Bei anderen wiederum sind die Unterschiede so winzig, dass sie nur mit Hilfe empfindlicher Geräte überhaupt registriert werden können. Aber nicht allein das Ausmaß der Schwankungen ist von Stern zu Stern unterschiedlich, auch ihre zeitlichen Verläufe variieren: So zeigen irreguläre Veränderliche keine erkennbaren Muster; periodische hingegen folgen einem vorhersagbaren Zyklus.

In den Herbststernbildern Perseus und Kepheus findet sich jeweils ein berühmter Vertreter der Gruppe der periodischen Veränderlichen: Beta Persei (besser bekannt unter dem Namen Algol) und Delta Cephei werden mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerks alle paar Tage

Ausgesuchte Minima von Algol			
Datum	MEZ	Datum	MEZ
24. Dez.	22.11	25. Jan.	23.13
27. Dez.	19.01	28. Jan.	8.02
30. Dez.	15.50	31. Jan.	4.52
2. Jan.	12.39	3. Feb.	1.41
5. Jan.	09.28	5. Feb.	22.30
8. Jan.	06.17	8. Feb.	19.20
11. Jan.	03.07	11. Feb.	16.09
13. Jan.	23.56	14. Feb.	12.58
16. Jan.	20.45	17. Feb.	9.48
19. Jan.	17.34	20. Feb.	06.37
22. Jan.	14.24	23. Feb.	3.26



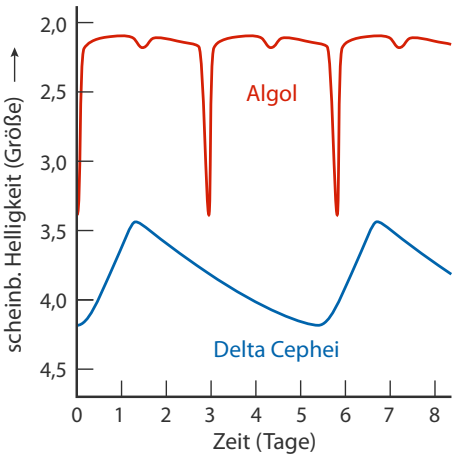
NIGHT SKY / AH

Die veränderlichen Sterne Delta in den Cepheiden und Algol in Perseus sind an den Winterabenden hoch oben im Westen zu sehen. Algol finden Sie fast senkrecht unter dem Polarstern, Delta Cephei rechts daneben.

heller und dunkler – doch aus vollkommen unterschiedlichen Gründen.

Zunächst ein wenig wissenschaftlicher Jargon, der es uns erleichtern soll, über Veränderliche zu reden: Astronomen benutzen den Begriff der Magnitude oder Größe als Maßeinheit für die Helligkeit eines Sterns. Leider ist die Größenskala rückläufig – je höher die Zahl, desto dunkler der Stern. So sind beispielsweise Objekte 6. Größe die dunkelsten, gerade mit freiem Auge erkennbaren Sterne. Und da die Skala auch noch logarithmisch aufgebaut ist, strahlen diese mit einem Hundertstel der Helligkeit von Sternen 1. Größe.

Nun zum berühmten Stern Algol. Normalerweise hat er eine 2,1te Größe – doch in regelmäßigen Abständen wird seine Leuchtkraft für einige Stunden etwas schwächer und hat nur noch die 3,4te Größe. Das bedeutet, dass er zu dieser Zeit (im Helligkeitsminimum) ein Drittel so hell ist wie sonst. Algols Variabilität wurde bereits im Jahr 1667 entdeckt, doch erst 1782 auch ernsthaft untersucht. Der junge englische Astronom John Goodricke (1764–1786) beobachtete den Stern über einen längeren Zeitraum jede Nacht und fand so heraus, dass Algol alle 2,87 Tage sein Helligkeitsminimum erreicht.



NIGHT SKY / AH

Scharfe Einbrüche in ihrer Helligkeitskurve haben Doppelsternsysteme wie Algol, während die Kurven der Cepheiden sehr glatt sind. Kleine Minima oben zeigen, wann der hellere Stern den dunkleren passiert.

Sonnenfinsternis – weit entfernt

Um diesen vorhersagbaren Abfall zu erklären, entwickelte Goodricke eine Theorie: Er vermutete, dass ein großer Planet den Stern umkreist und von der Erde aus gesehen in regelmäßigen Abständen vor ihm vorbeizieht. Dabei schirmt er natürlich einen gewissen Anteil von Algols Licht ab.

Heute wissen wir, dass Goodrickes Hypothese fast richtig war. Tatsächlich besteht das Algol-System aus zwei Sternen, einem hellen und einem etwas größeren, aber viel dunkleren, die umeinander kreisen. Schiebt sich der schwach leuchtende vor den anderen, führt das zu einem dramatischen Helligkeitsabfall. Immer genau nach Ablauf der halben Zeit zwischen zwei solchen Ereignissen gibt es dadurch zusätzlich kaum wahrnehmbare kleinere Verdunkelungen: Sie entstehen, wenn der hellere Stern etwas von dem Licht seines schwächeren Begleiters abschirmt (siehe Grafik links unten).

Die beiden Objekte des Algol-Systems umkreisen einander in so geringer Entfernung, dass sie, selbst durch die größten Teleskope betrachtet, nur als ein einziger Lichtpunkt erscheinen. Daher konnte Algols Doppelsternnatur erst 1889 bewiesen werden. Zu dieser Zeit nämlich waren die Astronomen erstmals im Stande, sein Licht mit einem neuen Instrument zu analysieren: dem Spektroskop (AH 12/2004, S. 22). Ihren Messungen zufolge verschob sich Algols Strahlung regelmäßig abwechselnd in Richtung blaues beziehungsweise rotes Ende des Spektrums – und zwar mit genau der gleichen Periode wie die Helligkeitsvariationen des Sterns.

Dies zeigt, dass Algol sich bewegt. Eine Verschiebung ins Blaue, also hin zum kurzwelligeren Licht, bedeutet eine Bewegung auf die Erde zu, eine Verschiebung zum Roten, also langwelligeren, eine von uns weg. Die pendelartigen Schwingungen in Algols Spektrum sind der Beweis dafür, dass sich hier zwei Sterne mit hoher Geschwindigkeit um >

> ihren gemeinsamen Schwerpunkt bewegen.

Algol wird manchmal auch Dämonenstern genannt – eine Übersetzung seines arabischen Namens »El Ghoul«. Der Dämon, von dem hier die Rede ist, ist Medusa, die der griechischen Mythologie zufolge vom Helden Perseus getötet wurde. Alte Sternkarten zeigen Perseus, wie er ihren abgeschlagenen Kopf hochhält. Der Dämonenstern ist dabei ihr Unheil bringendes Auge – ganz so, als würde sie uns bösartig zublinzeln (AH 11/2005, S. 28).

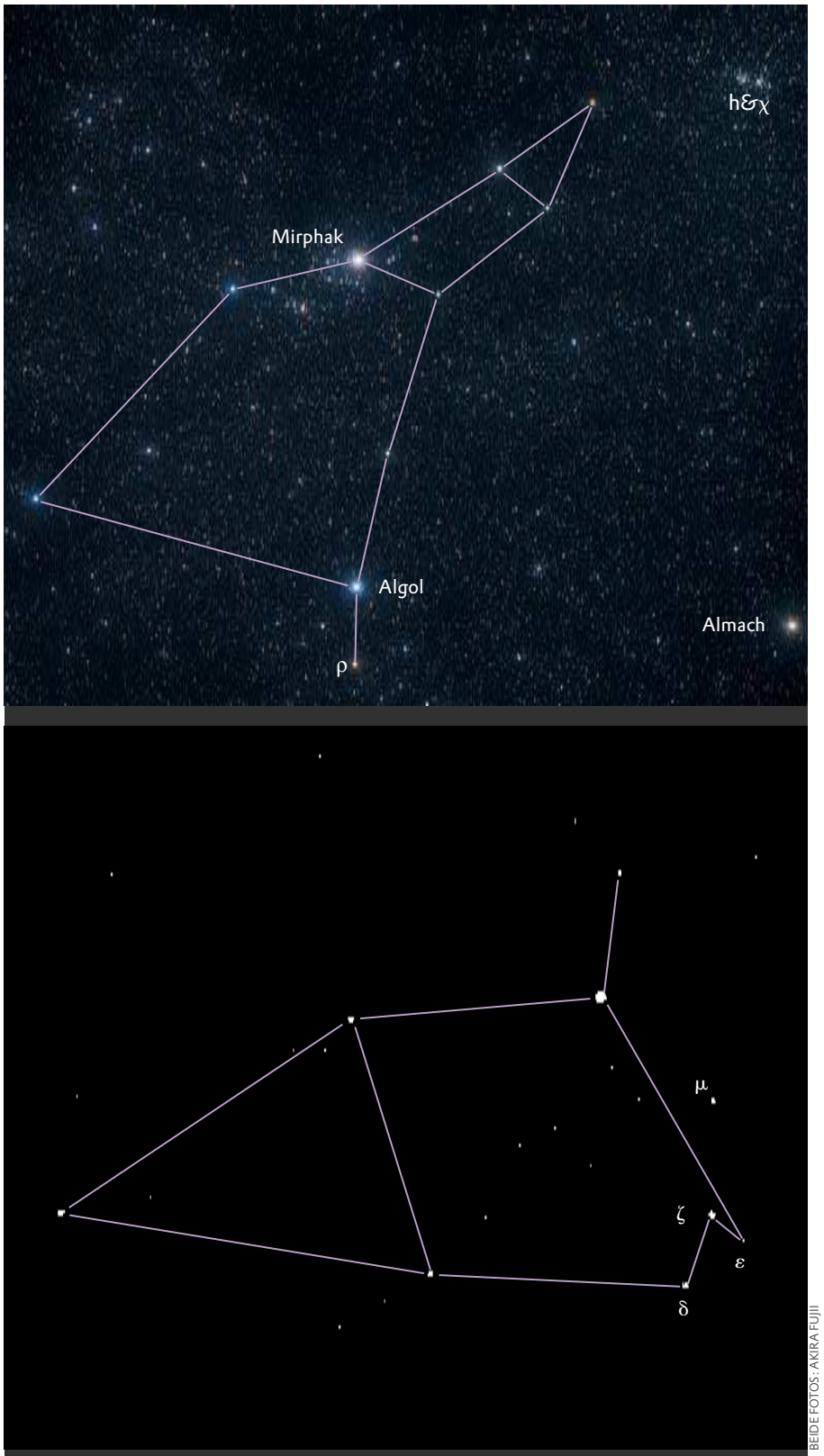
Das »Blinzeln« dauert etwa zehn Stunden, was bedeutet, dass das gesamte Ereignis im Lauf einer einzigen Herbstnacht beobachtet werden kann – vorausgesetzt man weiß, wo man hinsehen muss. Den Dämonenstern findet man am frühen Abend hoch am nordöstlichen Himmel. Zeiten, zu denen er im Helligkeitsminimum sein wird, sind in der Tabelle auf S. 41 aufgelistet.

Warten auf das »Blinzeln«

Am besten beobachten Sie das Minimum, indem Sie Algol mit anderen Sternen in seiner Nähe vergleichen, deren Helligkeiten stabil bleiben. Zwei Objekte, die sich dafür anbieten, sind Almach mit der Größe 2,1 und der mit 2,9 nur halb so helle Epsilon Persei (ε Per, siehe Foto oben rechts). Normalerweise ist der Dämonenstern ebenso hell wie Almach. Im Minimum aber wird er sogar schwächer als Epsilon Persei.

Ist man schon mal in der Gegend, lohnt sich auch ein Blick auf Rho Persei (ρ Per). Dieser halbregelmäßig veränderliche Stern ist nur einen Finger breit von Algol entfernt und schwankt im Lauf von sieben Wochen zwischen 3,3ter und 4,0ter Größe. Ist Algol in seinem Minimum und Rho Persei in seinem Maximum, sind sie etwa gleich hell – doch ihre Farben sind extrem verschieden: Algol ist reinweiß, während Rho Persei in einem warmen, dunklen Orange leuchtet.

Zwei Jahre nachdem er Algols Periode bestimmt hatte, richtete John Goodricke seine Aufmerksamkeit auf Delta Cephei, einen etwas schwächeren Stern im Sternbild Kepheus. Dieser variiert kontinuierlich zwischen 3,4ter und 4,2ter Größe – er zeigt also keine relativ abrupten Helligkeitsabfälle wie Algol. Goodricke fand heraus, dass ein solcher Zyklus immer



BEIDE FOTOS: AKIRA FUJII

Normalerweise ist Algol so hell wie Almach (Bild oben). Auf dem Höhepunkt der Eklipse ist er dunkler als Epsilon. Rho – genau über Algol – ist auch ein Veränderlicher. Delta Cephei (Bild unten) bildet ein kleines Dreieck mit seinen Vergleichssternen Epsilon und Zeta. My (μ), ein weiterer variabler Stern in der Nähe, schimmert rot, wenn man ihn durch ein Teleskop betrachtet. Daher kommt auch sein Spitzname »Granatstern« (AH 12/2005, S. 49). Die beiden Fotos wurden so bearbeitet, dass sie einem Blick durch ein Fernglas entsprechen.

genau 5,37 Tage dauert. Er vermutete – wiederum korrekt –, dass Delta Cepheis kontinuierliche Schwankungen auf Veränderungen des Sterns selbst zurückzuführen seien. Doch er hatte keine Ahnung, was für ein Mechanismus ein solches Pulsieren verursachen könnte.

Heute wissen wir, dass Sterne Licht und Wärme erzeugen, indem sie Wasserstoff »verbrennen« und dabei in Helium umwandeln. Ist der Wasserstoff im Kern des Sterns fast verbraucht, steigt die Temperatur weiter an. Schließlich entzündet sich das Helium, und der Stern kann auch in diesem greisen Stadium seines Daseins noch weiterleuchten. Manche Sterne werden während dieser Phase des Heliumbrennens instabil und beginnen zu pulsieren. Die hellsten darunter sind nach ihrem Prototyp – Delta Cephei – benannt: die Cepheiden. Sie sind eindrucksvolle Objekte. Im Schnitt sind sie etwa fünfzigmal so groß wie unsere Sonne und mehrere tausendmal leuchtkräftiger als diese.

Überraschenderweise bleibt die Gesamtenergie, die in diesen pulsierenden Giganten erzeugt wird, während eines »Pulses« konstant. Was sich verändert, ist lediglich der Druck, der durch die Hitze der Kernverschmelzung zu Stande kommt. Er baut sich im Innern des Sterns zunächst langsam auf und drückt so die Sternoberfläche immer weiter nach außen. Dabei kühlt der Stern im Innern ab und der Druck wird wieder schwächer.

Daraufhin fällt er wieder in sich zusammen, das Innere heizt sich neuerlich auf und der Druck steigt abermals. Das Ganze erinnert ein wenig an einen Topf mit kochendem Wasser: Ist der Deckel nur lose aufgesetzt, hebt er sich in regelmäßigen Abständen. Dabei entweicht Dampf und der Druck im Inneren des Topfes sinkt ab. Der Deckel schließt sich dadurch wieder und der Prozess beginnt von Neuem.

Pulsmessung bei Delta Cephei

Die Astronomen untersuchten die physikalischen Veränderungen der Cepheiden auf die gleiche Weise, wie sie auch die Natur der Bedeckungsveränderlichen – etwa Algol – entschlüsselt haben: indem sie die Spektren dieser Sterne analysierten. Wenn sich Delta Cephei ausdehnt und wieder zusammenzieht, bewegt sich seine Oberfläche auf uns zu und wieder weg – und das spiegelt sich in leichten Verschiebungen des Spektrums wider.

Beim ersten Versuch ist es gar nicht so einfach, Delta Cephei am Himmel zu finden. Im Gegensatz zu Algol und Perseus sind weder er noch sein Sternbild – Kepheus – besonders auffällig. In der klassischen Mythologie war Kepheus ein König, doch das nach ihm benannte Sternbild erinnert eher an die Kinderzeichnung eines Hauses. Im Herbst liegt dieses Haus auf der Seite – etwas links und unterhalb von Polaris, dem Polarstern. Delta Cephei ist dann der Stern in jener Ecke, die am weitesten von Polaris entfernt ist (siehe auch Karte auf S. 41).

Hat man Delta Cephei erst einmal gefunden, ist die Beobachtung der Veränderung nicht weiter schwierig, denn in seinem Maximum ist er doppelt so hell wie in seinem Minimum. Alles, was man jetzt noch benötigt, um den »Puls« des Sterns zu verfolgen, sind zwei geeignete Vergleichssterne: Der rötlich orange Zeta Cephei und Epsilon Cephei bilden ein kompaktes Dreieck mit Delta Cephei (siehe Foto auf S. 42 unten).

Regelmäßige Beobachtungen im Lauf einer Woche genügen bereits. Im Maximum ist Delta so hell wie Zeta Cephei mit seiner 3,4ten Größe. Im Minimum ist er etwas schwächer als Epsilon, der 4,2te Größe hat. Bei starker Lichtverschmutzung ist es eventuell nötig, die Sterne mit einem Feldstecher zu beobachten, um ihre Helligkeiten und Farben deutlich zu erkennen.

Delta Cephei bietet noch eine weitere Überraschung: Er ist ein attraktiver Doppelstern, dessen leuchtend gelbe Hauptkomponente einen schönen Kontrast mit ihrem 6. Größe schwachen, bläulichen Begleiter bildet. Das Paar kann schon bei geringer Vergrößerung mit jedem Teleskop aufgelöst werden. <<

Ken Hewitt-White beobachtet in seinem Garten im Südwesten von British Columbia alle möglichen Sterne. Er schrieb außerdem für den Himmel 2007, das Jahrbuch von ASTRONOMIE HEUTE.

Henrietta Swan Leavitt (1868–1921)

Die Leben der zwei großen Pioniere der Cepheiden-Veränderlichen, John Goodricke (1764–1786) und Henrietta Swan Leavitt, ähneln sich in einem Punkt auf verblüffende Weise: Beide waren stumm. Aber Leavitt hatte noch eine »Behinderung«, die in den Augen ihrer Zeitgenossen gravierender war: Sie war eine Frau und schien damit zu intellektuell anspruchsvollen Arbeiten unfähig.

Zu ihrem Glück war jedoch die Astrofotografie gerade perfektioniert worden: Ein einziges Foto hielt die genaue Position und Helligkeit tausender Sterne fest, aber ausgemessen und katalogisiert wurde jeder einzelne noch von Hand. Der Direktor des Harvard-Beobachtungszentrums stellte ein Team von Frauen zusammen, die diese Sisyphusarbeit bewältigen sollten. Sie stellten sich als schneller und gewissenhafter heraus als die Männer, die sie ersetzten – und kosteten nur halb so viel. Viele dieser Hilfsarbeiterinnen machten sich mit der Zeit als begabte Astronominnen einen Namen.

Leavitts große Entdeckung war, dass die Periode eines Cepheiden-Veränderlichen – also die Zeit zwischen zwei Maxima – proportional zu seiner absoluten Helligkeit ist. Über die Periode eines Cepheiden in einer anderen Galaxie kann ein Wissenschaftler herausfinden, wie hell der Stern wirklich ist. Und indem er sie mit ihrer scheinbaren Helligkeit, also der, wie sie auf der Erde erscheint, vergleicht, kann er bestimmen, wie weit die Galaxie entfernt ist. Das bedeutet: Alles, was wir über Größe und Struktur des Kosmos wissen, basiert auf Leavitts Arbeit.

AAVSO

Henrietta Swan Leavitt

Scheinvulkane

Die wahre Natur der Mondkrater war lange Zeit umstritten.

>> Charles A. Wood

Was die Entstehung der Mondkrater angeht, lagen die Forscher noch vor wenigen Jahrzehnten völlig daneben. Sie müssen vulkanischen Ursprungs sein – diese Meinung dominierte jedenfalls während der vergangenen zweihundert Jahre. Viele Astronomen versicherten ernsthaft, diese typischen Merkmale des Erdtrabanten seien das Resultat gigantischer Eruptionen oder riesiger aufplatzender Blasen aus vulkanischem Gestein. Andere vermuteten, dass es sich vielleicht um kollabierte Vulkane handeln könnte. Erst in den 1950er und 1960er Jahren verblasste diese Vorstellung angesichts ausführlicher experimenteller Forschung. Seitdem wird die Theorie bevorzugt, dass die Krater alle auf Meteoriteneinschläge zurückzuführen sind.

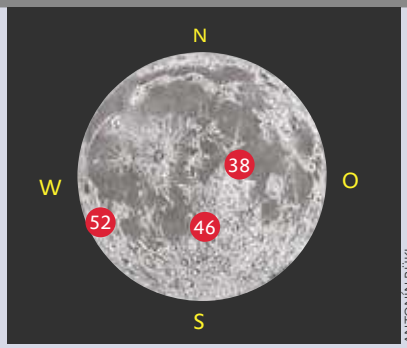
Die Vertreter der älteren Theorie schöpften indes Hoffnung aus einer Hand voll Anzeichen, die eindeutig auf Vulkane hinzuweisen schienen. Optimistisch stimmten die Vulkanisten vor allem diejenigen Krater, deren Zentralberge eine Delle auf dem Gipfel besaßen. Es wäre doch völlig unwahrscheinlich, so argumentierten sie, wenn ein Einschlagkörper einen Berg zufällig direkt auf seinem Gipfel träfe! Doch als erstmals hoch aufgelöste Fotografien von Raumsonden zur Verfügung standen, erwies sich, dass die meisten der vermeintlichen Gipfeldellen überhaupt nicht existierten.

Allerdings gibt es mit Regiomontanus (L46 in den Lunar Top 100) eine bemerkenswerte Ausnahme. Dieser große, alte Krater im südlichen Hochland besitzt eine Delle auf seinem zentralen Berg, die 5,5 Kilometer im Durchmesser misst. Doch handelt es sich wirklich um einen erloschenen Vulkan? Solche Zentralberge bilden sich, wenn der zusammengedrückte Boden direkt unter einer Einschlagstelle sich wieder ausdehnt und dabei tiefer liegendes Material nach oben stößt. Aufnahmen, die im Jahr 1994 von der US-amerikanischen Raumsonde Clementine gemacht wurden, legten nahe, dass der Gipfel aus typischem Hochlandmaterial besteht und keineswegs aus Mare-Lava. Das bedeutet, dass die Gipfeldelle tatsächlich auf einen Zufallstreffer zurückgeht – so unwahrscheinlich es klingen mag. Das passt auch zu dem recht geringen Alter der Delle, vor allem im Kontrast zu dem alten, erodierten Aussehen des »Wirtskraters«.

Die Vulkanisten verwiesen auch auf das eigenartige Paar Ritter und Sabine (L38). Diese dreißig Kilometer breiten Nachbarn im Mare Tranquillitatis liegen westlich des Apollo-11-Landeplatzes.

Vulkanische Aktivitäten waren an der Entstehung dieser Krater zumindest beteiligt – ihr Ursprung liegt dennoch in einem Meteoriteneinschlag.

So finden Sie die Krater



ANTONIN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten: **Ritter & Sabine:** 27.12. 2006; 10.1. 2007; 26.1. 2007; 8.2. 2007; **Regiomontanus:** 29.12. 2006; 12.1. 2007; 28.1. 2007; 12.2. 2007; **Crüger:** 1.1. 2007; 31.1. 2007

Lunar Top 100 (AH 7-8/2004, S. 54)

38 **Ritter & Sabine:** möglicherweise durch Doppeleinschlag entstandenes Kraterpaar

46 **Regiomontanus:** Zentralberg mit Krater, vielleicht vulkanisch

52 **Crüger:** dunkler Boden, möglicherweise vulkanische Caldera

S & T, GARY SERONIK

U. ARIZONA, LPL

BROWN U. / NASA

Am Südwestrand des Mare Tranquillitatis liegen die flachen Krater Ritter (links) und Sabine. Sie dominieren diese Aufnahme der Raumsonde »Lunar Orbiter«.

Doch anders als frische Einschlagkrater der gleichen Größe – wie Kant in der Nähe zum Beispiel – sind Ritter und Sabine flach (nur 1,3 Kilometer tief) und erkennbare zentrale Berge und Randterrassen fehlen. Das Innere beider Krater weist konzentrische Rücken auf; diejenigen in Ritter sind allerdings flacher. Man kann diese Strukturen schwerlich als Folgen eines normalen Einschlagprozesses interpretieren.

Im Jahr 1976 argumentierte Peter Schultz (heute an der Brown University in Providence, Rhode Island), Ritter und Sabine seien durch Vulkanismus modifiziert worden. Seine Theorie ist heute weit gehend akzeptiert: Schultz nahm an, dass aufsteigendes Magma den Boden mancher Einschlagkrater in den Randregionen von Mare-Becken angehoben hat. Posidonius und Gassendi sind zwei sehr bekannte Exemplare mit zerbrochenem Boden, doch es gibt mindestens zweihundert weitere. Dazu gehören auch Ritter und Sabine.

Vereinzelte Spuren von Vulkanausbrüchen

Ein weiteres beliebtes Beispiel für vulkanische Aktivitäten ist Crüger (L52), ein 46 Kilometer breiter Krater mit dunklem Boden, der im Westen des Monds liegt. Crüger besitzt schmale, glatte Innenwände (ähnlich wie dreißig weitere Krater), während man üblicherweise polygonale, also vieleckige Umrisse findet. Diese Eigenschaften veranlassten manche Forscher zu der Annahme, dass Crüger und die anderen Exemplare mit glatten Wänden kollabierte vulkanische Calderen sein könnten. Das war so lange eine brauchbare Hypothese, bis klar wurde, dass praktisch alle Mondkrater durch Meteoriteneinschläge entstanden. Wenn Crüger also doch kein Vulkan ist, was hat dann sein ungewöhnliches Aussehen verursacht?

Vor beinahe zwei Jahrzehnten nutzten B. Ray Hawke, Cassandra Coombs und Paul Lucey an der University of Hawaii multispektrale Analysen, um zu zeigen, dass zumindest ein Teil von Crügers Rand aus typischem Hochlandmaterial besteht. Das würde man bei einem Einschlagkrater auch nicht anders erwarten. Das nächste Ereignis, das ihn nach seiner Entstehung beeinflusste, war der riesige Einschlag, der das Mare Orientale hervorbrachte. Crüger ist umgeben von Bodenauswurf und Einschlagtrümmern, die ihn teilweise gefüllt haben müssen. Später bedeckten explosive Eruptionen vulkanischer Asche einen Teil seines Rands sowie die umgebenden Orientale-Trümmer. Beachten Sie den dunklen Fleck südlich von Crüger – er ist am besten bei Vollmond zu sehen. Öffnungen von den Ascheausbrüchen sind allerdings keine zu sehen. Vielleicht wurden diese ebenfalls von der dunklen Mare-Lava bedeckt, die sich auf Crügers Boden ergoss.

Die Mondkrater Regiomontanus, Sabine, Ritter und Crüger besitzen eine komplexe und spannende Geschichte. Doch im Endeffekt sind alle vier nichts anderes als die Überreste von Meteoriteneinschlägen.

Einige wenige echte Vulkankrater gibt es wahrscheinlich dennoch: Der größte bekannte ist Hyginus, der in der letzten Ausgabe vorgestellt wurde (siehe AH 12/2006, S. 42). <<

Charles A. Wood kennt den Mond in- und auswendig, wie er auf seiner Webseite »Lunar Photo of the Day« (www.lpod.org) beweist.

AME2007

22. September 2007

2. Internationale Astronomie-Messe

- Große Teleskop-ausstellung
- Rahmenprogramm
- Große Freifläche für Tests und Beobachtungen
- Einkaufsmöglichkeiten durch Teilnahme zahlreicher Händler
- Forum mit Bewirtung als Marktplatz für Gespräche und Erfahrungsaustausch
- Einen Rückblick zur AME2006 finden Sie auf unserer Website
- Wann/Wo?
  22. September 2007
  78054 VS-Schwenningen
  6000 kostenlose Parkplätze
  15 Gehminuten vom Bahnhof
- Fragen?
  Tel.: 0741 2706210
  E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Ein Präsent mit Botschaft …

… ist unsere Armbanduhr »Pioneer«, die den berühmten Gruß der gleichnamigen Raumsonde an intelligente Wesen im All zeigt. Echtes Lederarmband; Preis: € 18,90 (zzgl. Versand).

Diese und weitere Geschenkideen – wie z. B. den »Rubik's Cube« im Spektrum-Design oder unsere T-Shirts mit wissenschaftlichen Motiven – finden Sie unter

www.spektrum.de/lesershop

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Verlagsgesellschaft mbH
Leserservice | Slevogtstr. 3–5 | D-69126 Heidelberg | Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751 | service@spektrum.com

FELDSTECHERTIPP

M 35: zu Füßen der Zwillinge

Der Winter ist die Zeit der offenen Sternhaufen, aber auch die Zeit der frostigen Nächte. Da bietet sich ein schneller Blick durch den Feldstecher geradezu an. Zu Füßen der Zwillinge finden Sie den hellen und besonders sternreichen offenen Haufen M 35, der auf Grund seiner Nachbarschaft zum prominenten Trio M 36, M 37 und M 38 im Fuhrmann meist keine Beachtung findet. Aber M 35 hat einiges zu bieten und eine »kleine« Besonderheit in seiner Nähe.

Mit einer Helligkeit von etwas über 5. Größe können Sie diesen Sternhaufen schon mit bloßem Auge sehen. In dunklen Nächten mit sehr guter Durchsicht ist M 35 als schwacher, nebliger Fleck gerade so zu erkennen. Die über einhundert Sonnen dieses Haufens sind auf einer Fläche von der Größe des Vollmonddurchmessers verteilt und mehr als zwanzig von ihnen erreichen 8. und 9. Größe. Das macht M 35 auch für den kleinen Feldstecher zu einer leichten Beute. Bereits mit einem 10×30er erstrahlen etliche der hellsten Sonnen vor einem fast kreisrunden, nebligen Hintergrund unaufgelöster Sterne. Im 15×50-Feldstecher zeigen sich dann schon gut dreißig bis vierzig von ihnen. Besonders auffällig ist eine lange Sternkette, die ein in südwestliche Richtung zeigendes Dreieck bildet. Dort liegt auch der ungleiche »Begleiter« von M 35 verborgen: der offene Sternhaufen NGC 2158.

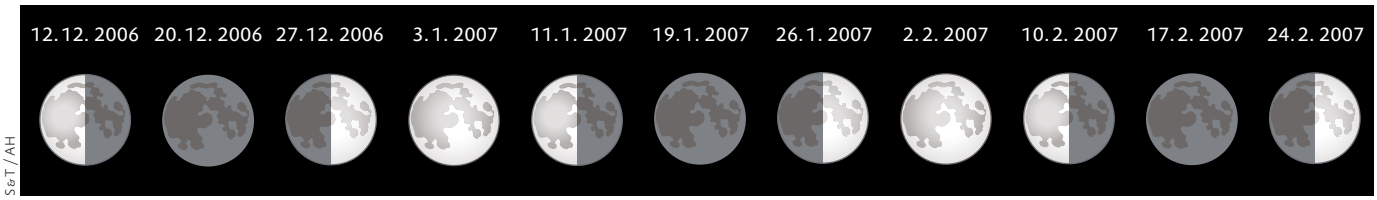
Ungleich deshalb, weil M 35 mit 2300 Lichtjahren Entfernung noch vergleichsweise nah an unserem Sonnensystem liegt, während sich NGC 2158 mit 15 000 Lichtjahren Entfernung fast am Rand der galaktischen Scheibe befindet.

Mit etwas Glück können Sie mit dem 15×50er bei optimalen Bedingungen NGC 2158 im gleichen Gesichtsfeld wie M 35 als winziges, verschwommenes Fleckchen erkennen. Einige schwächere Vordergrundsterne helfen Ihnen beim Auffinden.

Wenn Sie bei einem Kälteeinbruch keine Lust haben, Ihr Fernrohr aufzustellen: Gehen Sie mit dem Feldstecher raus. Das lohnt sich immer!

>> Lambert Spix

Am Ostrand der Milchstraße gibt es einiges zu entdecken – wie M 35 nah der Bildmitte.



S&T / AH

Planeten zum Frühstück

Der Himmel wird für Fans der Wandelsterne interessant: Stehen Sie morgens eine halbe Stunde früher auf und genießen Sie Saturn, Jupiter und Mars. **>> Ken Hewitt-White**

Das kennen Sie sicher auch: Der Blick aus dem Fenster in die winterliche Nacht findet immer das gleiche Ziel – den großen Jäger Orion, der unsere Aufmerksamkeit sofort auf sich zieht, ganz egal, ob er abends den Meridian kreuzt oder sich zu mitternächtlicher Stunde dem Westhorizont entgegenneigt (Sterntafeln S. 50/51).

Auf den Übersichtskarten sehen Sie sofort, dass Orion nicht allein wandert. Er und seine Freunde – Stier, Fuhrmann, Zwillinge sowie Großer und Kleiner Hund – sind am Himmel nicht zu übersehen. Insbesondere Orion hat von allem etwas zu bieten (Foto rechts): den Roten Überriesen Beteigeuze, der etwa zwanzigmal so massereich ist wie unsere Sonne. Der heiße blauweiße Überriese Rigel dagegen scheint erst seit weniger als 100 Millionen Jahren. Mintaka, ein enorm heißer Blauer Riese oben rechts in Orions Gürtel, leistet uns noch keine 50 Millionen Jahre Gesellschaft. Doch das kleine »Trapez«, ein leichtes Teleskopziel im Herzen des Orionnebels M 42, sticht alle aus (AH 12/2005, S. 44). Sein Quartett besteht aus immens heißen Sternen, die möglicherweise gerade einmal 10000 Jahre alt sind!

Der Orionnebel selbst ist mit 4. Größe das Paradebeispiel eines Emissionsnebels: eine ausgedehnte Wolke aus Wasserstoffgas, die von den jungen, heißen Sternen in ihrem Innern ionisiert wird. Wenn wir diesen Nebel betrachten, sehen wir eine Sternwiege, in die nicht nur neue Sonnen eingebettet sind, sondern ganze Planetensysteme.

ECKHARD SLAWIK

Nach der planetaren Durststrecke im Herbst verbessert sich die Sichtbarkeit der fünf hellen Wandelsterne von Tag zu Tag. Sie bilden einen prima Einstieg oder Abschluss Ihrer Beobachtungen und lassen reichlich Zeit für den nächtlichen Deep-Sky.

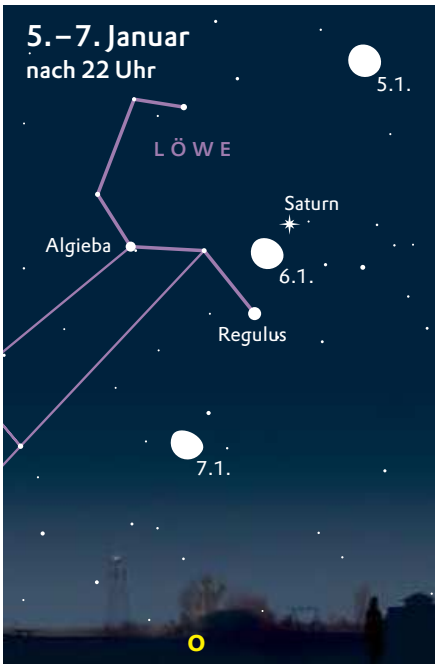
Planeten im Januar und Februar

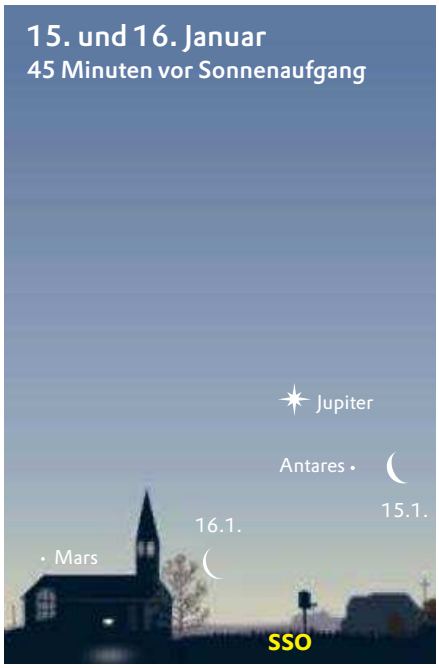
Venus scheint am ersten Sonnenuntergang des Jahres mutig mit –3,9ter Größe tief im Südwesten. Sie hatte im Oktober ihre obere Konjunktion, steht jetzt immer noch hinter der Sonne und präsentiert uns eine fast voll beleuchtete Scheibe.

Weihnachtsbaumschmuck

Der Winterhimmel kommt mit interessanten Sternen und zahlreichen hellen Deep-Sky-Objekten daher.

Die misst von Pol zu Pol jedoch nur zehn Bogensekunden. Mitte Februar steht sie bei Sonnenuntergang satte zwanzig Grad über dem Südwesthorizont und geht erst nach mehr als zwei Stunden unter. Im Teleskop macht der Planet aber immer noch nicht viel mehr her. Die Scheibe mit elf Bogensekunden Durchmesser ist fast voll, doch Wolkenstrukturen dürften >





BEIDE ABBILDUNGEN: S & T / AH

Saturn zur Prime Time Die anderen Planeten – besonders Mars und Merkur – müssen Sie mit etwas Geschick in der Dämmerung aufstöbern. Unsere Karten helfen dabei …

> kaum zu erkennen sein. Halten Sie nach dem Sichelmond Ausschau, den am 19. Februar nur eineinhalb Grad von der Venus trennen.

Merkur löst sich in der zweiten Januarhälfte endgültig aus seiner oberen Konjunktion und hängt dann unter der Venus im Dunst des Horizonts (Grafik S. 49 oben links). Der Planet erreicht beachtliche –1. Größe, aber seine winzige Scheibe mit weniger als sechs Bogensekunden Ausdehnung lohnt als Ziel zunächst noch nicht so recht.

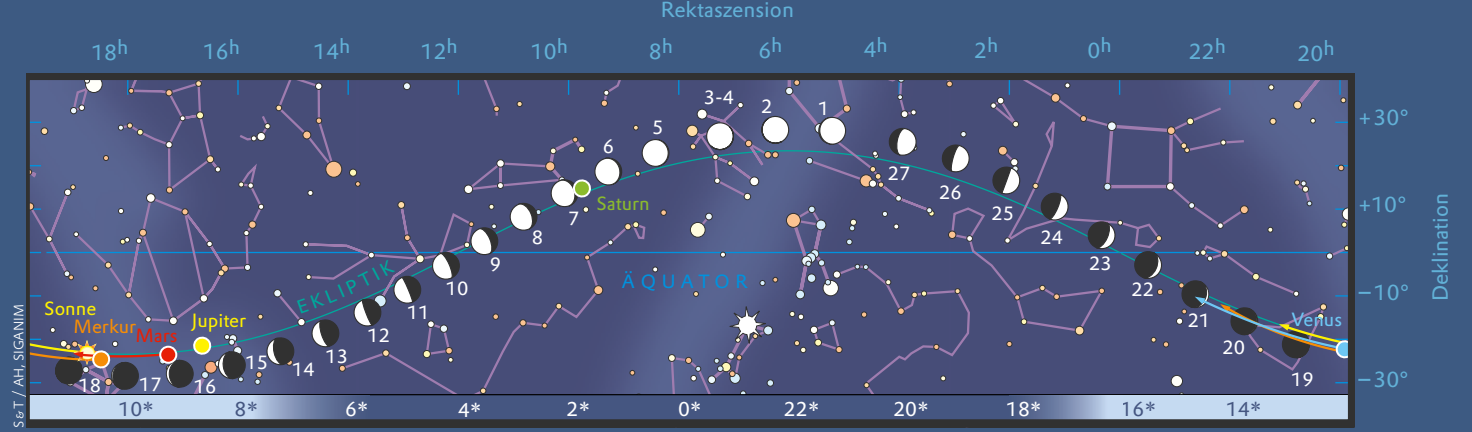
In den ersten Februartagen gewinnt er nach und nach über dem westsüdwestlichen Horizont an Höhe und erreicht am 7. seinen größten Winkelabstand von der Sonne, die östliche Elongation. Dann befindet er sich bei Sonnenuntergang 15 Grad über dem Horizont, um erst anderthalb Stunden später abzutauchen. Lassen Sie sich von der Venus führen: Sie scheint links oberhalb, mit sieben Grad etwa ein Feldstechergesichtsfeld weit entfernt. Kommen eine halbe Stunde später die ersten Sterne wie Sadalmelik im Wassermann heraus, werden Sie Merkur kaum verfehlen können (Grafik S. 49 oben rechts). Einen Blick durchs Teleskop lohnt er jetzt allemal. Seine Scheibe sieht aus wie ein Miniaturmond im ersten Viertel. Bis Mitte Februar nimmt er dann rapide ab, die Höhe seiner Sichel wächst aber auf fast zehn Bogensekunden, womit er beinahe mit den Abmessungen der Venus gleichzieht.

Saturn nimmt den besten Platz am Himmel ein: Zum Jahresbeginn erhellt er am Abend den östlichen Horizont im Löwen (»Leo«). Suchen Sie den goldfarbenen Planeten 0. Größe etwa fünf Grad nordwestlich von Leos Hauptstern, dem 1,4te Größe hellen Regulus (Alpha Leonis, α Leo, Grafik ganz links). Zurzeit bewegt sich der Ringplanet rückläufig – Experten nennen das retrograd –, also im Vergleich zum Fixsternhimmel in die entgegengesetzte Richtung und somit von Regulus westwärts weg. Dabei wird er zunehmend größer und heller, während er sich auf die Opposition zubewegt.

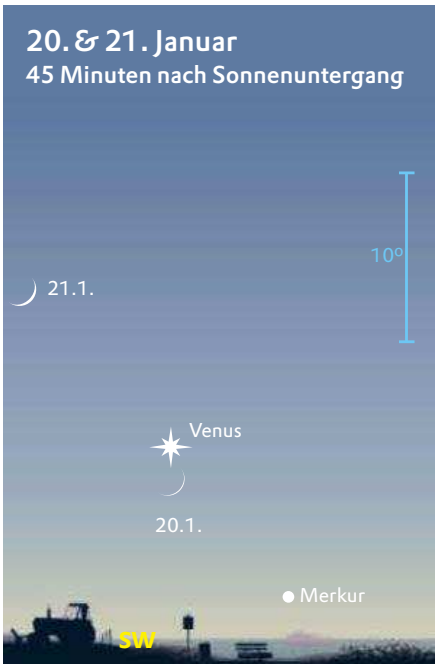
Die erreicht er am 10. Februar, geht dann bei Sonnenuntergang auf und bleibt die ganze Nacht sichtbar. Im Teleskop ist Saturn durch nichts zu übertreffen. Seine unvergleichlichen Ringe »schließen sich« seit 2003. Derzeit sind sie noch um 14 Grad gekippt, präsentieren ihre Südseite und erscheinen 45 Bogensekunden breit. Ein kleines Teleskop zeigt innen den breiten, hellen B-Ring, außen herum den dünneren A-Ring und dazwischen die hauchdünne Cassinische Teilung (AH 1-2/2005, S. 26). Schließlich können Sie noch fünf oder sechs der 56 bekannten Saturnmonde entdecken. Mit 8. Größe ist

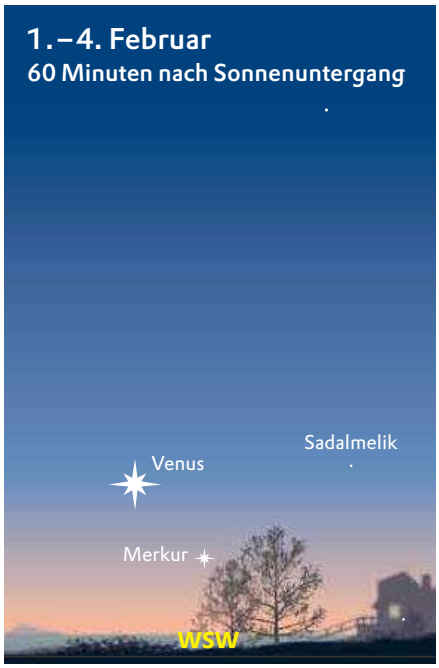
Die Monatspanoramen zeigen die Phasen und Positionen des Monds jeweils vom 1. bis 27. Januar (unten) und Februar (rechts). Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, wenn der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Der Mond und die Planeten im Januar 2007



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.





BEIDE ABBILDUNGEN: S & T / AH

Fang den Merkur! Kein anderer der Planeten ist so schwierig zu entdecken – verlässt er doch nie die Dämmerung. Anfang Februar wagt er sich aber weit aus seiner Deckung.

Titan am hellsten und in jedem Fernglas ein sicherer Fang.

Jupiter kommt kurz vor der Dämmerung zum Vorschein – rechtzeitig zum Frühstück. Die riesige Gaskugel, die mit –1,8te Größe strahlt, ist im Schlangenträger (»Ophiuchus«) leicht zu erkennen, einige Grad oberhalb des 1. Größe hellen Skorpion-Hauptsterns Antares (Alpha Scorpii, α Sco, Grafik S. 48 oben rechts).

Mars ist diesen Monat ein Kapitel für sich. Er glimmt mit nur 1,8ter Größe und ist zwanzig Grad östlich des Jupiter-Antares-Tandems nur schwer aus dem Horizontdunst herauszufischen (Grafik S. 48 oben rechts). Wie passend, dass Antares, übersetzt Gegenmars, ihn an Helligkeit in dieser Zeit aussticht. Falls Sie Mühe haben, Mars zu finden, hilft Ihnen der Mond, der am 16. Januar und 14. Februar ein Stück weiter westlich steht.

Der Mond steht am Neujahrstag bei Elnath, dem nördlichen Hornstern des Stiers (»Taurus«, Foto S. 46 und Grafik S. 48 unten). Der Vollmond bildet zwei Tage später ein schönes Motiv in den Zwillingen. Am Dreikönigstag entdecken Sie ihn zwischen Saturn und Regulus (Grafik S. 48 oben links). Die schwindende Sichel ist zur Monatsmitte beim Dreieck aus Jupiter, Antares und Mars zu sehen und hilft uns, den Roten Planeten schneller zu finden.

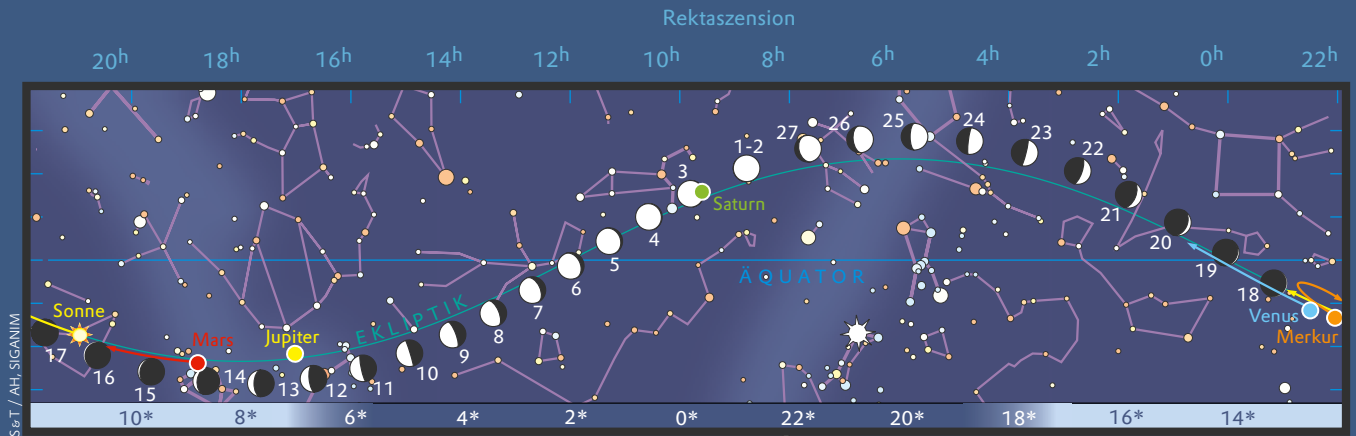
Zwei Tage nach Neumond ist es genau umgekehrt: Venus ist in der Abenddämmerung des 20. auffälliger als die dünne Sichel (Grafik oben links). Gegen Ende Januar hat der Mond mehr als einen Umlauf absolviert und steht in den Zwillingen. Den Februar beginnt er demnach im Sternbild Krebs (Grafik unten) und zieht einen Tag nach Vollmond, in der Nacht zum 3., kein halbes Grad oberhalb an Saturn vorbei. Ein Supermotiv! Gemessen daran ist der Vorbeigang am Trio Jupiter-Antares-Mars eher unter der Rubrik »Aufsuchhilfe für den Roten Planeten« zu verbuchen. Besser sind da schon die Abenddämmerungen des 18. und 19. Februar, wo eine zwei beziehungsweise drei Tage alte Sichel in der Nähe von Merkur und Venus aufgeht. Am 18. folgt dem Monduntergang übrigens eine Uranusbedeckung. Sollten Sie eine Reise nach Spanien oder Portugal machen, vergessen Sie Ihren Feldstecher nicht.

Die Daheimgebliebenen können sich mit einer teilweisen Bedeckung des Plejaden-Sternhaufens (M45, siehe S. 52) trösten: Zum Datumswechsel auf den 24. Februar schiebt sich der Mond vor Taygeta und Maja. 54 und 48 Minuten lang dauert das Schauspiel, bis die Sterne auf der »Sichelseite« wieder auftauchen.

Meteorströme gibt es zwar im Januar, aber der aktivste von ihnen, die Quadrantiden (benannt nach dem ehemaligen Sternbild Quadrant im jetzigen Bärenhüter), erreichen ihr Maximum ausgerechnet am 3. Januar, wenn der Vollmond hoch am Himmel steht. Folglich sind die »Quads« dieses Jahr ziemlich verwaschen. <<

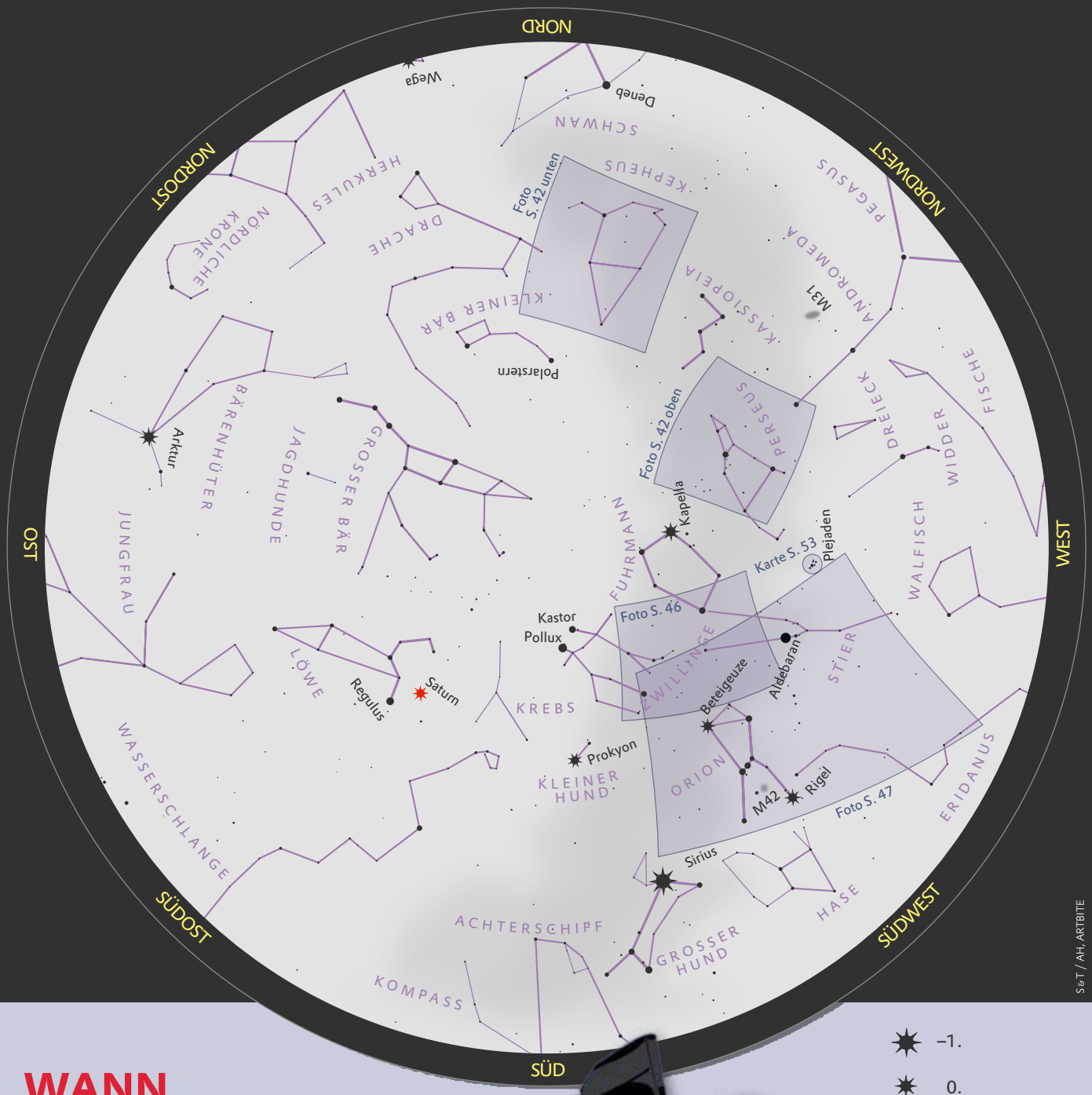
Ken Hewitt-White übernahm den »Planetenthron« von Fred Schaaf pünktlich zur ersten AH-Ausgabe für 2007.

Der Mond und die Planeten im Februar 2007



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

STERNTAFEL



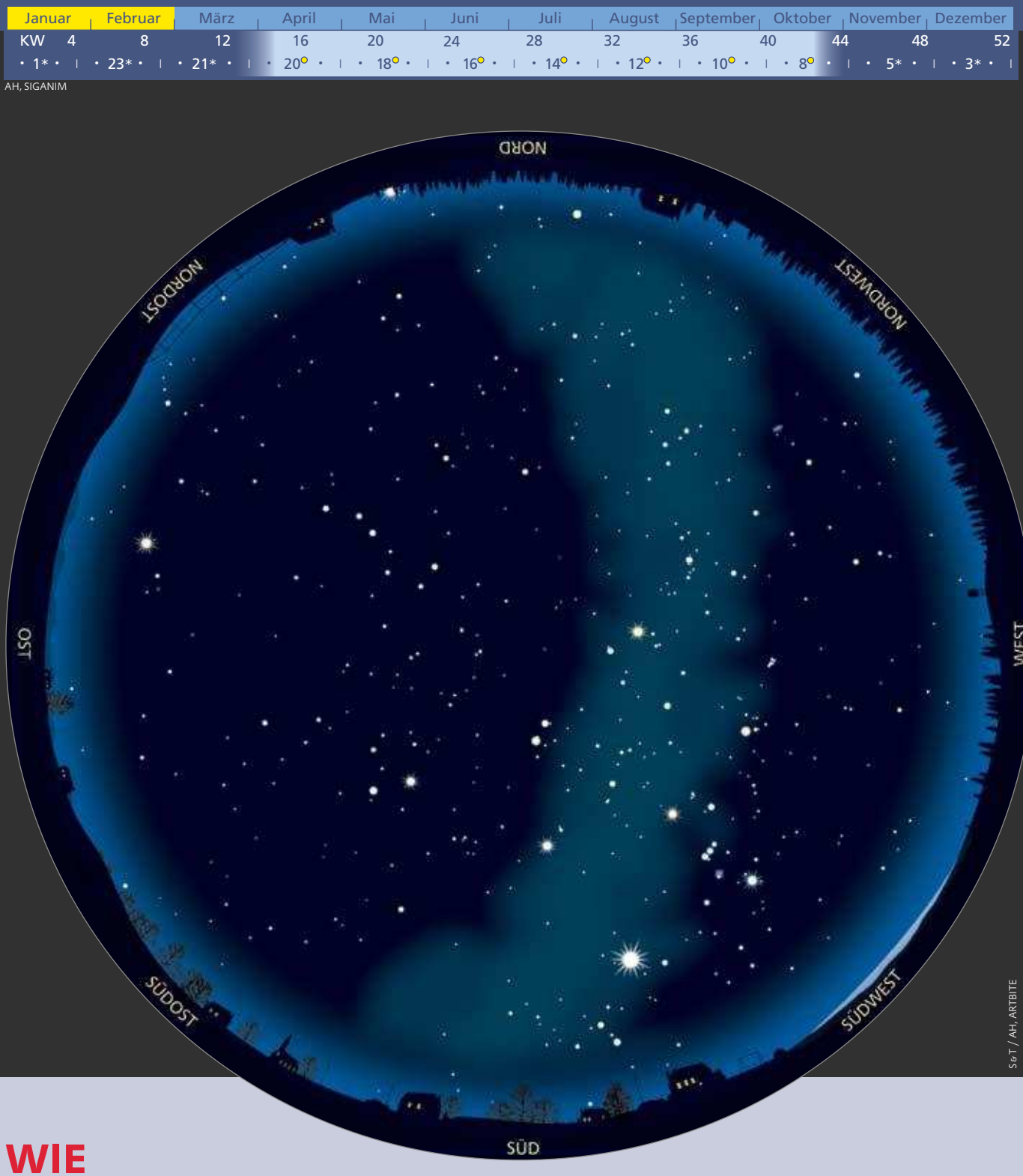
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

zweite Dezemberhälfte: **2 Uhr***
zweite Januarhälfte: **Mitternacht***
zweite Februarhälfte: **22 Uhr***

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



AH, SIGANIM

S & T / AH, ARTBITE

WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das Sechseck der hellsten Wintersterne Kapella, Aldebaran, Rigel, Sirius, Prokyon und Pollux steht bereits hoch im Südwesten und hat den Südosten für die unauffälligeren Frühjahrssternbilder geräumt. Sie werden durch Saturn geziert.

Der große Wagen nimmt zu Jahresbeginn wieder Fahrt auf für den Weg zum Zenit, den er ein paar Stunden später erreicht, um seine Deep-Sky-Schätze feilzubieten.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Sieben Schwestern

FOTO: AKIRA FUJII

In mancher Nacht sah ich die Plejaden
aufgehen durch einen nebligen Schleier
wie ein Schwarm Glühwürmchen,
verflochten in einem silbernen Zopf.
Alfred Lord Tennyson: Locksley Hall

>> Sue French

An klaren Januarabenden sehen wir die prachtvollen Plejaden (M45) hoch im Süden stehen. Der Sternhaufen ist seit dem Altertum auch als »die sieben Schwestern« bekannt. Sie können ihn leicht mit bloßem Auge entdecken, denn er ist nach dem großen Wagen wohl das auffälligste Sternmuster am Nordhimmel. Diese markante Gruppe hat einige Besonderheiten, die schon die Beobachter mit den kleinsten Geräten beeindrucken und für große Teleskope eine willkommene Herausforderung bieten.

Blauer Dunst um Merope
Gas und Staub umgeben den Stern. Die Wolke (NGC 1435) ist Teil eines größeren Nebelkomplexes.

BOB UND JANICE FERA

Sogar bei mäßiger Lichtverschmutzung können Sie sechs Sterne in Form eines winzigen Wagens sehen. Atlas, der Vater der Plejaden, markiert die Deichsel des Wagens, während seine Töchter Alkyone, Merope, Elektra, Maja und Taygeta den Kasten bilden. Bei noch dunklerem Himmel können Sie vielleicht noch einige schwächere Sterne erkennen. Nahe bei Atlas im Norden steht seine Frau Pleione, Sterope ist nördlich von ihrer Schwester Maja, und Celaeno quetscht sich zwischen Taygeta und Elektra.

Sieben Sterne oder mehr?

Viele Sterne ohne besonderen Namen gehören ebenfalls zu den Plejaden, einige lassen sich sogar mit bloßem Auge erhaschen. Ich kann oft zehn Sterne erkennen, und der bekannte Beobachter Walter Scott Hudson konnte unter einem außergewöhnlich klaren und dunklen Himmel sogar 18 ausfindig machen. Sechzig Sterne liegen in der Reichweite eines Sechzig-Millimeter-Teleskops, ein 150-Millimeter-Instrument zeigt sogar dreimal so viele.

In mancher Hinsicht ist ein kleines Fernrohr am besten geeignet, um die Plejaden zu betrachten. Bei einem mit einer kurzen Brennweite passt die ganze Gruppe in ein Gesichtsfeld, da die meisten Sterne nur 1,6 Grad auseinanderliegen. Wenn Sie mit ihrem kleinsten Okular nicht den ganzen Haufen einfangen können, machen Sie die ersten Beobachtungen mit dem Sucher des Teleskops oder einem Fernglas. Werfen Sie einen genauen Blick auf die Sterne, vor allem auf die helleren. Dies kann ihnen helfen, mit bloßem Auge mehr von ihnen zu erkennen.

Am Abendhimmel schimmern die Plejaden von Oktober bis Mitte April. Die hellsten Sterne sind auch von einem lichtverschmutzten Ort aus leicht mit bloßem Auge zu sehen.

Ein kleines Fernrohr ist auch das beste Mittel, um den zarten Nebel zu erkennen, der die Plejaden einhüllt. Manche ältere Quellen behaupten, die Schwaden wären die zerfetzten Überreste der Wolke, aus der der Sternhaufen geboren wurden, doch dem ist nicht so. Die Wolke und die Plejaden bewegen sich in unterschiedliche Richtungen und trafen sich erst vor recht kurzer Zeit.

Sie können in jedem Gerät Nebel rund um die Plejaden (und auch um alle anderen Sterne) simulieren, indem Sie einfach in einer klaren Winternacht auf Ihr Okular hauchen. Konzentrieren Sie sich als Erstes auf Merope, um zu überprüfen, ob die Nebel real sind oder durch Ihr Teleskop verursacht werden. Rund um diesen Stern ist der Nebel am dichtesten und hellsten. Von dort aus zieht er sich vor

allem in Richtung Süden. Sie müssen nach einem Dunstschleier suchen, der etwas heller ist als der Hintergrund. Am besten verwenden Sie nur eine geringe Vergrößerung, damit Sie möglichst viel vom umgebenden Himmel zum Vergleich sehen können. Diese zarte Wolke ist bekannt als der Meropenebel (NGC 1435).

Schauen Sie jetzt nach den Nebeln, die die anderen Sterne im Kasten des winzigen Wagens der Plejaden umgeben. Den Majanebel (NGC 1432), der den gleichnamigen Stern umgibt, zu entdecken, ist fast genauso leicht.

Zum Schluss kommen Atlas und Pleione. Wenn Sie hier noch Schwaden erkennen, ist Ihre Optik vermutlich völlig beschlagen. Es ist eher unwahrscheinlich, dass Sie das bisschen Dunst erkennen können, das diese beiden Sterne umgibt. Als Test zielen Sie mit Ihrem Teleskop kurz auf die ähnlich hellen Sterne in den nahen Hyaden. Diese sollten überhaupt keine Nebel zeigen.

Jung und heiß

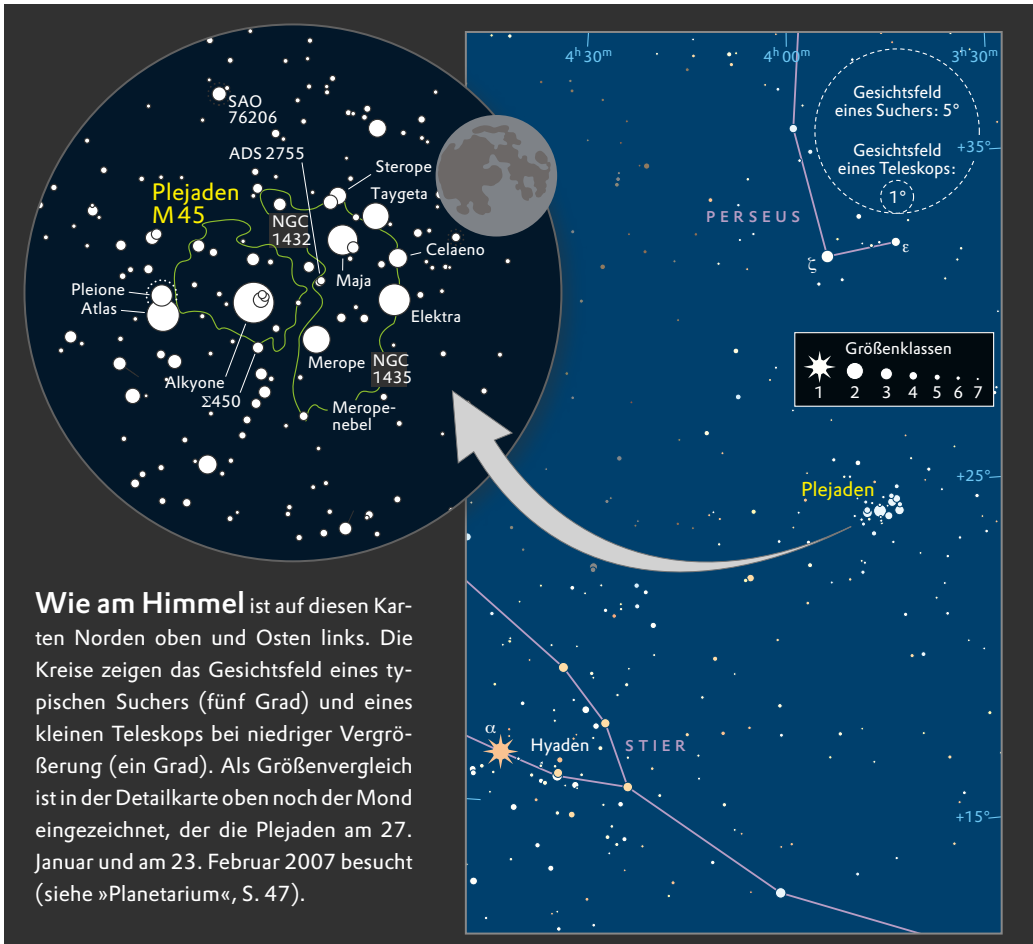
M 45 ist ein relativ junger Sternhaufen, ungefähr 100 Millionen Jahre alt. Als solcher besitzt er viele heiße, blauweiße Mitglieder. Dennoch lassen sich einige mit anderen Farben innerhalb des Haufens erkennen. Ein Paar Sterne 8. Größe (ADS 2755) im »Kasten« können Sie bereits mit 25-facher Vergrößerung auflösen. Sie zeigen schöne Kontraste zwischen weißen und orangefarbenen Tönungen. Ein Stern 6. Größe im äußersten Norden der Gruppe schimmert ebenfalls orange. Ein Bogen aus Sternen verläuft von Alkyone aus nach Südsüdosten.

Der nächstgelegene Stern zu Alkyone in dieser Kette ist der enge Doppelstern Struve 450 (Σ450). Er besteht aus einem hellen Hauptstern 6,3ter Größe und einem dunkleren Begleiter 7,3ter Größe nur 6,1 Bogensekunden weiter westlich. Mit ein wenig Übung können Sie die beiden ab 80-facher Vergrößerung trennen.

In den Plejaden finden sich noch viele weitere Mehrfachsterne. Sterope ist eigentlich ein Paar 6. Größe heller, blauweißer Sterne, nur ein wenig zu dicht zusammen, als dass Sie sie mit bloßem Auge unterscheiden könnten. Auch Taygeta hat einen schwächeren Begleiter 8,1ter Größe, der 69 Bogensekunden nordnordwestlich von dem mit 4,3ter Größe viel helleren Hauptstern steht. Ich kann die beiden bei 17-facher Auflösung in meinem 105-Millimeter-Refraktor gut trennen. Im Nordnordwesten von Alkyone liegt ein kleines Dreieck aus Sternen 6,3ter bis 8,7ter Größe. Die beiden helleren sind weiß, während der dunkelste einen Gelbstich hat.

Atlas (3,6te Größe) und Pleione (5,1te Größe) bilden ebenfalls einen weiten Doppelstern – die beiden stehen also weit auseinander. Pleione dreht sich so schnell, dass sie abgeplattet wird. Durch diese halsbrecherische Rotation stößt sie in unregelmäßigen Intervallen eine Hülle aus Gas ab. Wenn das passiert, wird sie erst heller und anschließend dunkler, als sie normalerweise ist, bevor sie wieder zu ihrer gewöhnlichen Helligkeit zurückfindet. Das letzte Mal veränderte sie zwischen 1972 bis 1987 ihre Helligkeit in einem Bereich von 4,8ter bis 5,5ter Größe. Viele Kulturen erzählen von einem verlorenen Plejaden-Stern, und bei einem eher beiläufigen Blick sind auch lediglich sechs Sterne des Siebengestirns zu erkennen. Die Veränderlichkeit von Pleione inspirierte den Astronomen Edward C. Pickering zu der Theorie, dass sie einst heller strahlte, was zu den Legenden der sieben Sterne überall auf der Welt geführt haben könnte. <<

Sue French beobachtet die Sterne von ihrer Heimat im US-Bundesstaat New York aus.



Wie am Himmel ist auf diesen Karten Norden oben und Osten links. Die Kreise zeigen das Gesichtsfeld eines typischen Suchers (fünf Grad) und eines kleinen Teleskops bei niedriger Vergrößerung (ein Grad). Als Größenvergleich ist in der Detailkarte oben noch der Mond eingezeichnet, der die Plejaden am 27. Januar und am 23. Februar 2007 besucht (siehe »Planetarium«, S. 47).

Sehenswürdigkeiten in den Plejaden

Objekt	Typ	Helligkeit (Größe)	Entf. (Lj.)	Rekt.	Dekl.
Plejaden (M 45)	offener Sternhaufen	1,2	400	$3^h47{,}0^m$	+24° 07′
NGC 1435	Emissionsnebel	4,2	400	$3^h46{,}1^m$	+24° 47′
NGC 1432	Emissionsnebel	3,8	400	$3^h45{,}8^m$	+24° 22′
ADS 2755	Doppelstern	8,3 / 8,4	400	$3^h46{,}3^m$	+24° 11′
SAO 76206	Stern	9,2	700	$3^h48{,}1^m$	+24° 59′
Σ450	Doppelstern	9,3	600	$3^h47{,}4^m$	+23° 55′

S&T / AH

Ziele in der Nachbarschaft

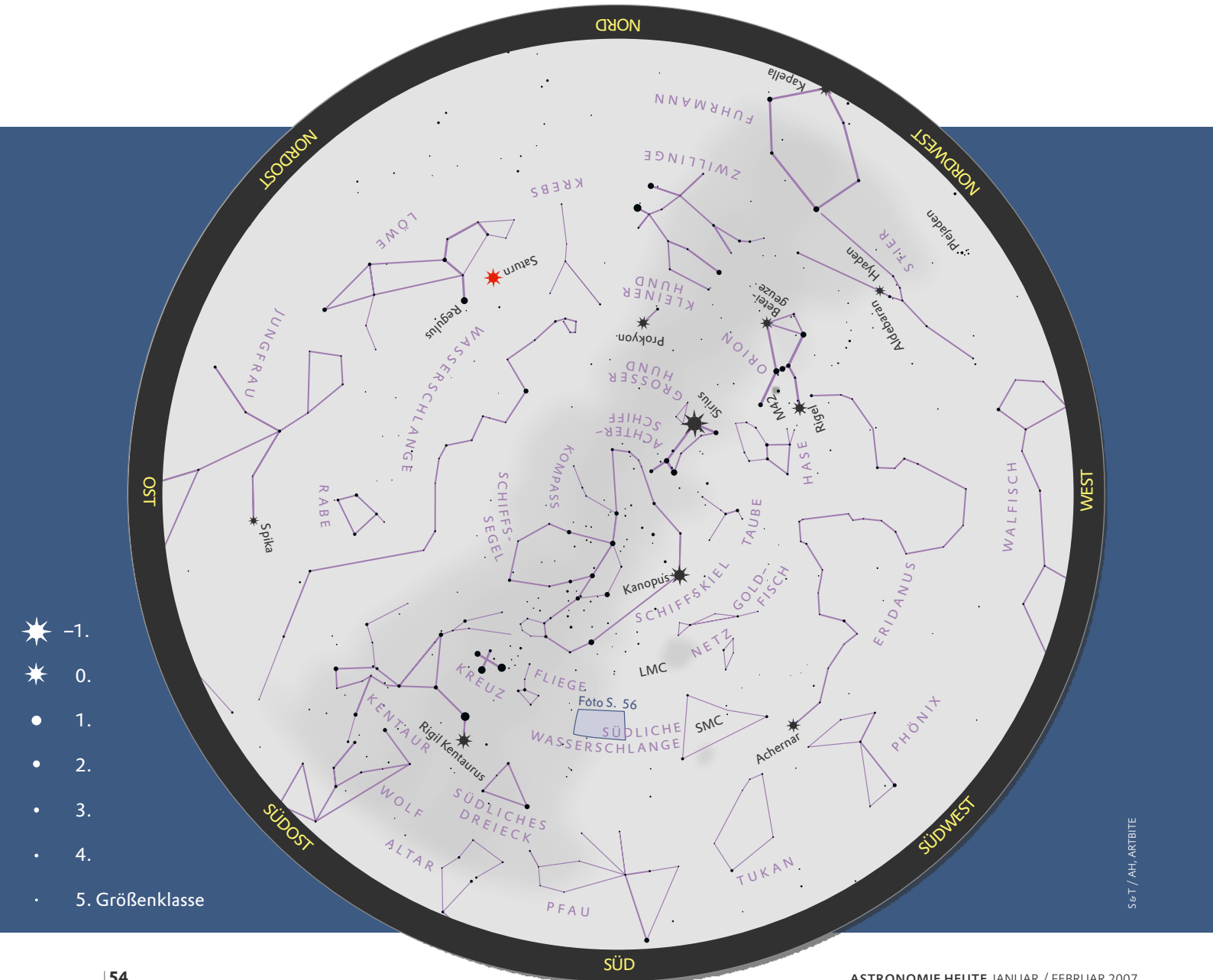
Der Januarhimmel bietet sehr viele offene Sternhaufen, darunter auch eine Überraschung auf der Südhalbkugel.

>> Greg Bryant

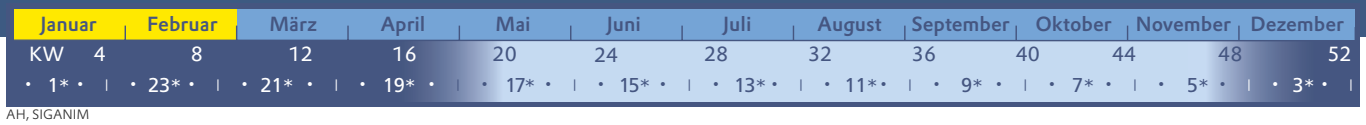
Viele unserer Leser begnügen sich nicht mit einem Blick auf die Sterne, sondern suchen gezielt nach Deep-Sky-Objekten. Offene Sternhaufen sind der Erde am nächsten. Einige der hellsten können Sie am Himmel über der Südhalbkugel finden.

Beginnen wir mit dem Sternbild Stier (»Taurus«), tief im Nordwesten. Dort sehen Sie die Plejaden (M 45, siehe »Sieben Schwestern«, S. 52), fast 400 Lichtjahre entfernt. Sie sollten gleich nach Einbruch der Dämmerung einen Blick auf das so genannte Siebengestirn werfen, denn kurz nach dem Zeitpunkt, für den unsere Karte gilt, sinkt es bereits unter den Horizont. Es war im November am besten zu sehen.

Über den Plejaden steht der zweite bekannte Sternhaufen des Winters: Die Hyaden, eine markante, v-förmige Gruppe,



S&T / AH, ARTBITE



AH, SIGANIM

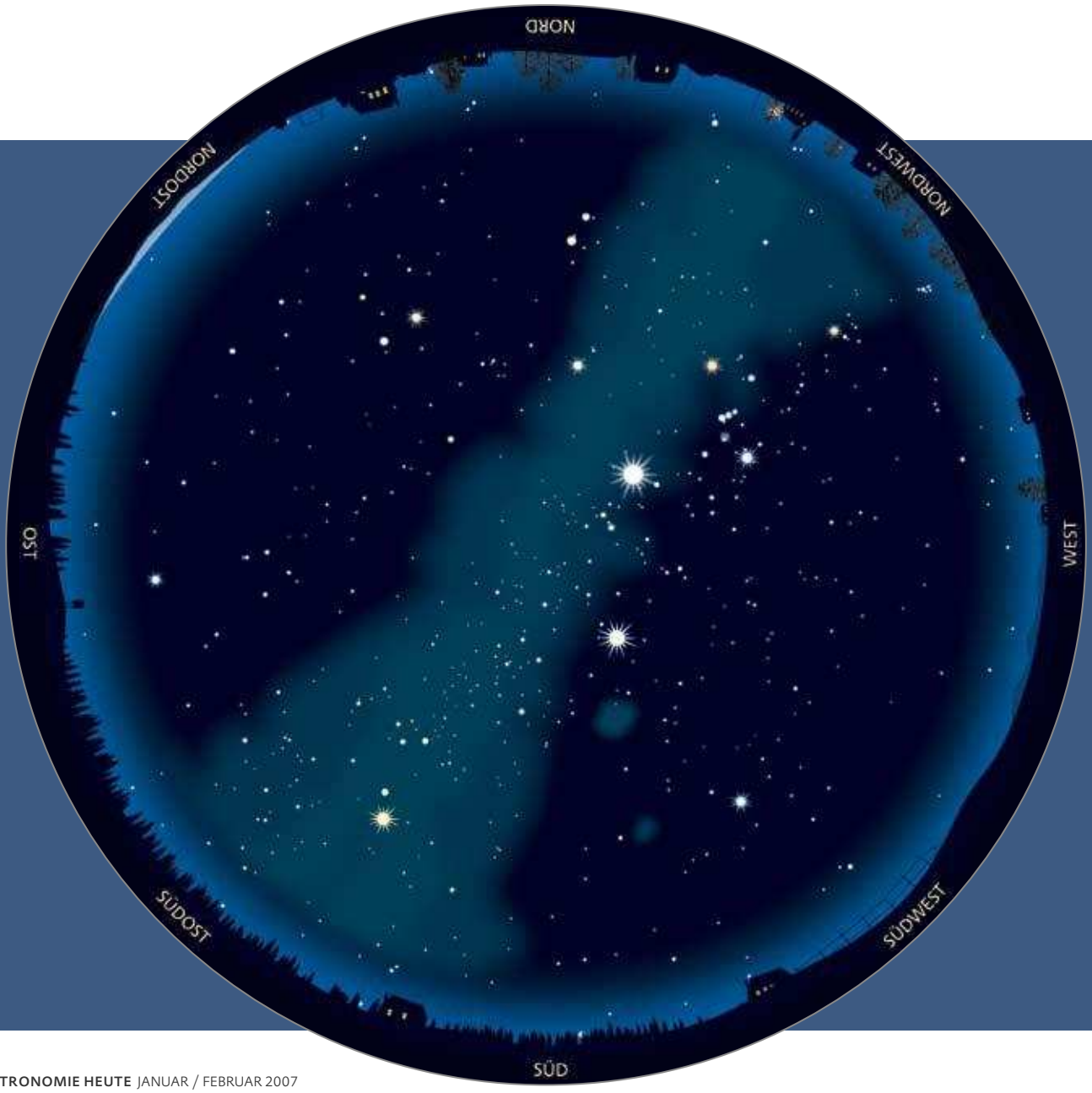
die den Kopf des Stiers darstellt. Aldebaran, die helle Sonne an einem Ende des Vs, gehört nicht dazu – sie ist gerade einmal halb so weit entfernt wie die echten Haufenmitglieder (siehe AH 12/2004, S. 38) und steht rein zufällig in derselben Blickrichtung.

Im Kopf des Stiers

Mit einer Entfernung von nur 150 Lichtjahren zur Erde werden die Hyaden häufig direkt nach dem rund achtzig Lichtjahre entfernten Ursa-Maior-Bewegungshaufen aufgelistet. Allerdings kann man darüber streiten, ob diese Gruppe, zu der auch fünf der sieben Sterne des Großen Wagens gehören, dicht genug gedrängt ist, um als echter Sternhaufen zu gelten.

In der Nordhälfte des Himmels nähert sich das leuchtschwache Sternbild Krebs (»Cancer«, Cnc) seinem Meridiantransit. In ihm liegt M 44, die Krippe (auch: Praesepe). Für das bloße Auge ist sie bereits als ausgedehnter Nebelfleck zu erkennen, der etwas größer ist als der Vollmond. Am besten wirkt sie im Fernglas oder in einem Teleskop mit kurzer Brennweite und großem Gesichtsfeld. Diese Geräte lösen den offenen Haufen in eine Vielzahl von Sternen auf, deren Licht etwa 520 Jahre zurücklegen muss, um zu uns zu gelangen. >

Der Himmel für 35 Grad südlicher Breite Das entspricht etwa der Linie Sydney (Australien) – Kapstadt (Südafrika) – Buenos Aires (Argentinien). Dieser Ausschnitt gilt dort in der jeweiligen Ortszeit zu den in der Zeitleiste (oben) angegebenen Uhrzeiten, also zum Beispiel in der zweiten Januarhälfte um Mitternacht (zuzüglich etwaiger Korrekturen wegen Sommerzeit).



S & T / AH, ARTBITE

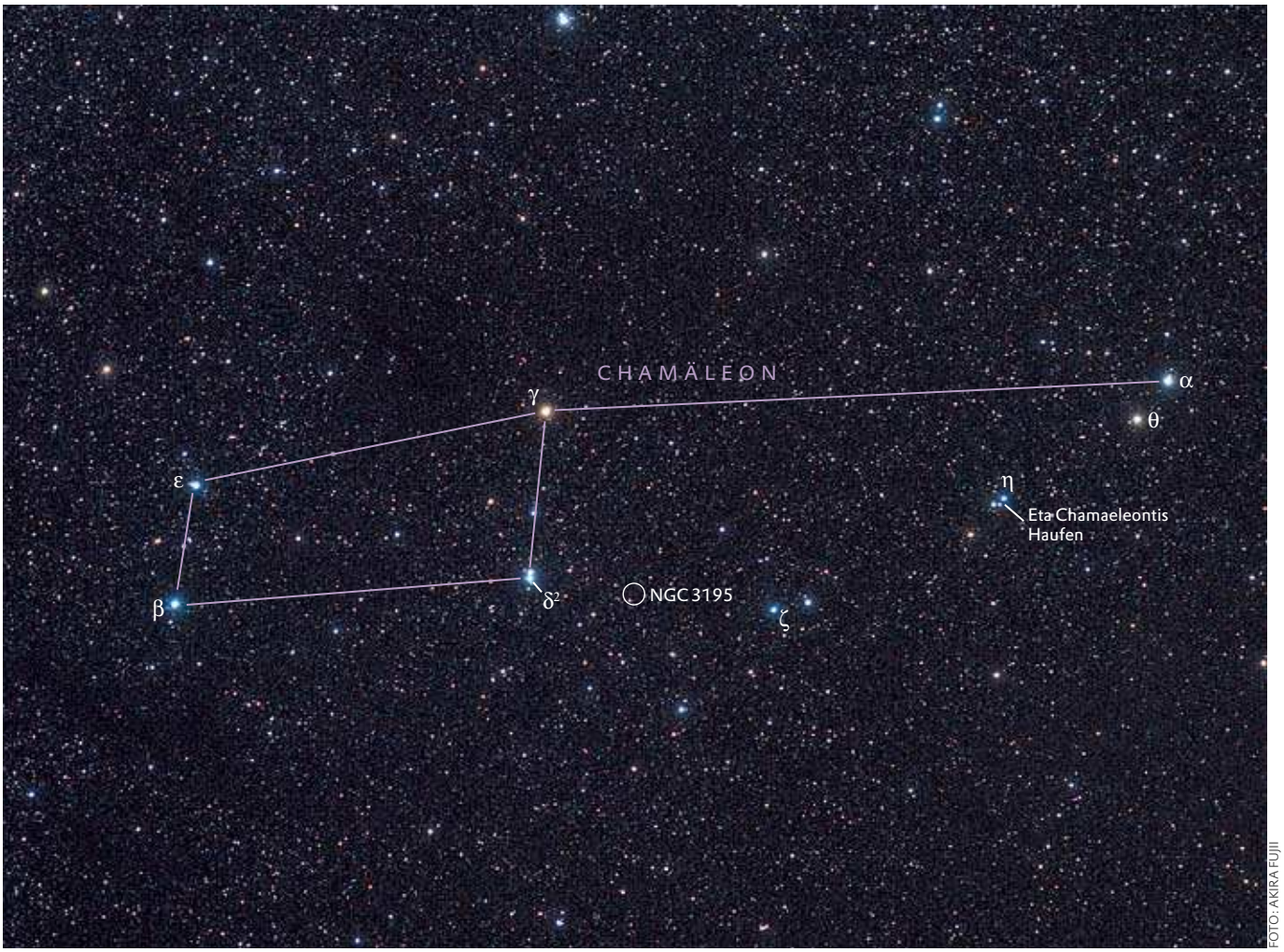


FOTO: AKIRA FUJII

Im Sternbild Chamäleon verbergen sich zwei interessante Deep-Sky-Objekte. Eines davon – der Eta-Chamaeleontis-Haufen – wurde erst im letzten Jahrzehnt entdeckt.

> Das Sternbild Haar der Berenike (»Coma Berenices«) hat es auf unserer Karte noch nicht ganz über den Horizont geschafft, aber wenn wir noch ein oder zwei Stunden warten, steht es tief am Nordosthimmel. Es enthält eine lockere Gruppe aus etwa dreißig Sonnen, von denen die hellsten etwa 5. Größe erreichen. Sie gehören zum Coma-Sternhaufen und sind auch als Melotte 111 bekannt (siehe AH 4/2005, S. 49). Lediglich 260 Lichtjahre trennen uns von ihm, damit ist er nach den Hyaden der nächste. Mit einem Durchmesser von rund fünf Grad ist er das ideale Ziel für Ferngläser.

Richtung Südpol

Hoch im Süden steht das ausgedehnte Sternbild Segel (»Vela«). Zwei Grad nordnordwestlich von Delta Velorum (δ Vel) leuchtet der Stern 4. Größe Omicron Velorum (δ Vel). Betrachten Sie seine Umgebung aufmerksam, denn Omicron ist das hellste Mitglied des offenen Haufens IC 2391. Nach einem Schwenk in den Schiffskiel (»Carina«) finden Sie rund um Theta Carinae (θ Car) den Sternhaufen IC 2602, der gelegentlich als »die südlichen Plejaden« bezeichnet wird. Beide Gruppen, die jeweils über einen auffälligen Stern identifiziert werden können, liegen etwa 600 beziehungsweise 500 Lichtjahre von uns entfernt.

Die Region rund um den Himmelssüdpol enthält das unauffällige Chamäleon, in dem kein Stern heller als 4. Größe strahlt (Bild oben). Deep-Sky-Freunde kennen es wegen NGC 3195, einem Planetarischen Nebel 11. Größe auf halber Strecke zwischen Delta² (δ²) und Zeta Chamaeleontis (ζ Cam).

Im Chamäleon verbirgt sich aber noch ein weiteres bemerkenswertes Objekt. Nach drei Fünfteln der Strecke von Zeta nach Theta (θ) stoßen Sie auf den Stern 5. Größe Eta (η), der mit zwei weiteren Sternen 6. und 7. Größe ein kleines Dreieck formt. Das sind die drei hellsten Mitglieder eines offenen Haufens, die übrigen erreichen höchstens 10. Größe. Der Eta-Chamaeleontis-Haufen wurde erst 1999 entdeckt. Er ist lediglich 320 Lichtjahre entfernt – nur wenig weiter als der Coma-Sternhaufen. Damit ist er der nächste, der in den letzten hundert Jahren entdeckt wurde. Es erscheint unglaublich, dass seine wahre Natur so lange verborgen blieb, obwohl drei seiner Mitglieder schon im Fernglas zu sehen sind.

Der Eta-Chamaeleontis-Haufen entstand wahrscheinlich vor rund zehn Millionen Jahren als Teil des breiten Streifens aus offenen Sternhaufen, der sich über weite Bereiche von Skorpion und Kentaur erstreckt. Andere nahe Gruppen junger Sterne könnten am südlichsten Teil des Himmels durchaus noch auf ihre Entdeckung warten. <<

Greg Bryant ist Redakteur der australischen Ausgabe von Sky & Telescope.

Von Preußen bis heute

Wie die Berliner Astronomen im Lauf der Jahrhunderte immer weiter aus der Stadt flohen. **>> Silvia Friedrich**

Sternwarten müssen dahin, wo es einsam ist«, sagt Dierck-Ekkehard Liebscher auf einem Rundgang durch Potsdam-Babelsberg bei Berlin. Der Astronom, der früher am Astrophysikalischen Institut Potsdam arbeitete, zeigt uns die berühmte Sternwarte Babelsberg. Drei mächtige Kuppeln zieren den lang gestreckten Bau, die mittlere davon ist die größte. Während wir staunend das gewaltige Gebäude betrachten, erzählt Liebscher einiges über die Geschichte des Observatoriums.

»Angefangen hat alles vor dreihundert Jahren«, berichtet er. Da wurde in Berlin die königlich-preußische Sternwarte gegründet. Zunächst verfügte sie nur über wenige astronomische Instrumente. Mit den paar Geräten, die vorhanden waren, ließen sich kaum vernünftige Beobachtungen anstellen.

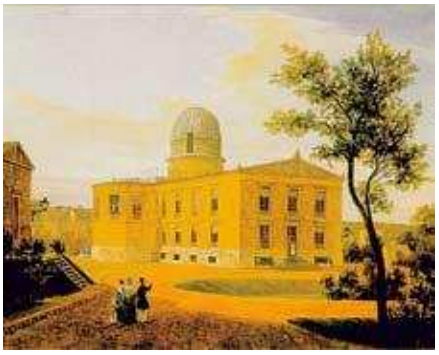
Erst der wissenschaftsinteressierte König Friedrich II. (1712–1786, »der Alte Fritz«) begann um 1750 damit, die Sternwarte ernsthaft zu fördern. Damals lebte der bedeutende Mathematiker und Astronom Leonhard Euler (1707–1783) in Berlin. Er machte dem König klar, dass die bisherige Astronomie in Berlin ihren Namen kaum verdiene, da den Forschern gute Sternkarten fehlten. Es sei unumgänglich, so der Mathematiker, das Kartenmaterial wesentlich zu verbessern.

Euler wusste, wovon er sprach. Er arbeitete auf fast allen Gebieten der Mathematik, die für die Astronomie wichtig sind. Zum Beispiel beschäftigte er sich mit der Himmelsmechanik und berechnete Störungen der Planetenbahnen sowie die exakte Bewegung des Monds. Mit seiner Expertise entwickelte er ein wissenschaftliches Programm für die Berliner Sternwarte, das bis weit ins 19. Jahrhundert die besten Sternkarten der Welt hervorbrachte. >

Aller guten Dinge sind …
Folgerichtig hat die Sternwarte Babelsberg drei Kuppeln. Die mittlere beherbergt eines der größten Linsenteleskope der Welt.

MICHAEL FRIEDRICH

MIT FRDL. GEN. VON SILVIA FRIEDRICH (MARSTALL UND OBSERVATORIUM UM 1742)



MIT FRDL. GEN. DES AIP (C. D. FREYDANCK, DIE NEUE STERNWARTE BERLIN, 1838; AIP HAUPTGEBÄUDE)

Stadtflucht Im 18. Jahrhundert stand die königlich-preußische Sternwarte mitten in Berlin (oben). Hundert Jahre später zog sie an den damaligen südlichen Stadtrand (unten). 1913 schließlich ließ sie sich noch weiter draußen in Potsdam nieder.

> »1835 errichtete der Architekt Karl Friedrich Schinkel am südlichen Stadtrand von Berlin ein neues Observatorium«, erzählt Liebscher weiter. Die finanziellen Mittel erlaubten es den Berliner Astronomen damals, hochwertige Instrumente anzuschaffen. Darunter befand sich das zu jener Zeit weltgrößte Linsenteleskop mit 23 Zentimeter Öffnung und vier Meter Brennweite. Es stammte aus Joseph von Fraunhofers Werkstatt in München. Mit diesem Gerät beobachtete auch der wissenschaftliche Assistent Johann Gottfried Galle (1812–1910). Er war von dem Teleskop vollauf begeistert – zu Recht, denn bald sollte er eine bahnbrechende Entdeckung damit machen.

Schon seit Längerem hatten Astronomen beobachtet, dass sich die Planeten auf ihren Bahnen infolge ihrer Schwerkraft gegenseitig beeinflussen. Einige Bahnstörungen ließen darauf schließen, dass jenseits des Uranus ein weiterer Wandelstern kreiste. Der französische Astronom Urbain Jean Joseph Leverrier (1811–1877) legte 1846 in Paris eine Arbeit vor, in der er die Position dieses unbekannten Planeten berechnete (AH 7-8/2006, S. 16). Leverrier wusste, dass Galle in Berlin über hervorragende Möglichkeiten verfügte. Daher schrieb er diesem einen Brief mit der Bitte »… dass er einige Augenblicke der Durchforstung … des Himmels widmen möge, wo es einen Planeten zu entdecken geben kann«.

Galle beherzigte den Wunsch Leverriers und versuchte es an einem Abend im September 1846. Die Bedingungen waren günstig, das Wetter gut, der Refraktor einsatzbereit und Galle im Besitz ausgezeichneter Sternkarten. Er nahm die von Leverrier angegebene Himmelsregion unter die Lupe, verglich sie mit der Sternkarte und fand ein Objekt, das dort nicht verzeichnet war. Ein neuer Wandelstern – wir kennen ihn heute als Neptun – war gefunden! Noch heute kann man das legendäre Teleskop, mit dem Galle den achten Planeten erspähte, im Deutschen Museum in München bewundern.

»Ab Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich Berlin rasch zur Großstadt«, berichtet Liebscher, »schon bald konnten die Astronomen in der Schinkel'schen Sternwarte nicht mehr ungestört beobachten.« Die Sterngucker benötigten dringend eine neue Forschungsstätte außerhalb der Stadt. Sie fanden sie schließlich in Potsdam am Rand Berlins.

Nahe dem Schlosspark Babelsberg stellte der Kaiser kostenlos ein Gelände zur Verfügung. Tests ergaben, dass die Astronomen hier hervorragende Arbeitsbedingungen vorfinden würden. Deshalb entschieden sie sich, die Schinkel'sche Sternwarte und das dazugehörige Gelände zu verkaufen. Mit dem erworbenen Geld ließen sie in Potsdam die neue Sternwarte bauen (1,1 Millionen Goldmark) und schafften hochwertige Beobachtungsinstrumente an (450 000 Goldmark). So zog das Berliner Observatorium 1913 vor die Tore der Metropole.

»Karl Hermann Struve, der erste Direktor der Sternwarte Babelsberg, und seine Mitarbeiter hatten ihre Wohnungen auf dem Gelände«, erzählt Liebscher, »jeder konnte binnen einer Viertelstunde in der Kuppel sein, sobald der Himmel aufklarte.« Wolkenfreie Nächte waren schon damals knapp, jeder günstige Moment musste genutzt werden.

Als wir die Sternwarte betreten, fällt uns ein riesiger runder Pfeiler in der Eingangshalle auf. Er ist etwa sechs Meter dick. »Dies ist das Fundament eines der größten Linsenteleskope der Welt«, erklärt Liebscher. Das Fernrohr thront in der Hauptkuppel der Sternwarte auf einer acht Meter hohen Säule, die ihrerseits aus besagtem Pfeiler herausragt. Die gesamte Konstruktion gibt dem mächtigen Instrument eine feste Verankerung und entkoppelt es gleichzeitig vom Rest des Gebäudes, damit sich keine Schwingungen übertragen.

Ein Koloss für Sterngucker

Das gewaltige Fernrohr steht seit 1915 im Babelsberger Observatorium. Es ist ein Achromat von Carl Zeiss Jena mit 65 Zentimeter Öffnung und gut zehn Meter Brennweite. Die Astronomen beobachteten damit Planeten und Monde und untersuchten Doppelsterne. »Freilich ist das Teleskop sehr lang und damit besonders turbulenzempfindlich, sodass Planeten wie der Jupiter nur flimmernd im Okular erscheinen«, bemerkt Liebscher. Zudem, erklärt der Astronom weiter, stünde sich das Instrument allmählich kaputt: Es wird nur noch selten benutzt und mangelhaft gewartet.

Den aktuellen technischen Anforderungen entspricht das Mammutgerät schon längst nicht mehr. Das Astrophysikalische Institut Potsdam setzt es aber noch für die Öffentlichkeitsarbeit ein. Es lohnt sich auf jeden Fall, die Sternwarte einmal aufzusuchen und das imposante Instrument anzuschauen. Zumal dort noch mehr zu sehen ist: Die kleineren Kuppeln beherbergen ein Fünfzig- und ein Siebzig-Zentimeter-Cassegrain-Teleskop, die ebenfalls in der Öffentlichkeitsarbeit verwerndet werden.

Nach dem Zweiten Weltkrieg erlebte die Sternwarte Babelsberg wechselvolle Zeiten. Ein 1,2-Meter-Zeiss-Spiegelteleskop aus ihrem Inventar – damals das lichtstärkste Teleskop Deutschlands – ging nebst anderen Instrumenten als Reparationsleistung in die Sowjetunion. Auch der 65-Zentimeter-Zeiss-Refraktor war für den Abtransport gen Osten vorgesehen. Nur durch einen Zufall blieb er in Deutschland: Da ein ähnliches Instru-

ment bereits fertig eingepackt im Zeiss-Werk Jena lagerte, bedienten sich die Sowjets dieser bequemeren Variante und verzichteten darauf, das Potsdamer Teleskop zu demontieren. So konnte die DDR das Rieseninstrument weiterhin verwenden. Bis in die 1960er Jahre hinein nutzten es die Astronomen, hauptsächlich für Messungen an Doppelsternen.

Seit einiger Zeit richtet die Sternwarte Babelsberg einmal pro Monat eine Sternennacht für die Öffentlichkeit aus. Im Sommer beginnt sie um 20.00 Uhr, im Winter um 19.00 Uhr. Bei klarem Wetter können Interessierte auch durch die Instrumente schauen. »Als wir hier 2003 eine Marsnacht anboten«, erzählt Liebscher, »kamen zahllose Menschen und stellten sich in einer langen Schlange an, nur um für eine halbe Minute den Roten Planeten zu sehen.« Bis heute sei dieser Eindruck für alle Besucher unvergesslich geblieben. »Nirgendwo«, meint Liebscher, »spürt man die Unmittelbarkeit des Unendlichen so sehr wie beim Beobachten der Sterne.« <<

Silvia Friedrich arbeitet als freie Journalistin in Berlin und Brandenburg.

Besichtigungsmöglichkeiten Sternwarte Babelsberg:

»Sternennacht am Donnerstag«
(Vortrag, Führung durch das alte Hauptgebäude, bei gutem Wetter eine Himmelsbeobachtung)

jeden dritten Donnerstag im Monat
von November bis März 19 Uhr
von April bis Oktober 20 Uhr

Astrophysikalisches Institut Potsdam
An der Sternwarte 16
14482 Potsdam

MICHAEL FRIEDRICH

Turmhoch ragt das große Linsenteleskop der Sternwarte Babelsberg empor. Leider steht es sich allmählich kaputt.

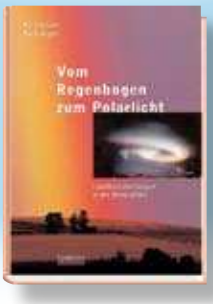
ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

512 MB USB 2.0 Stick

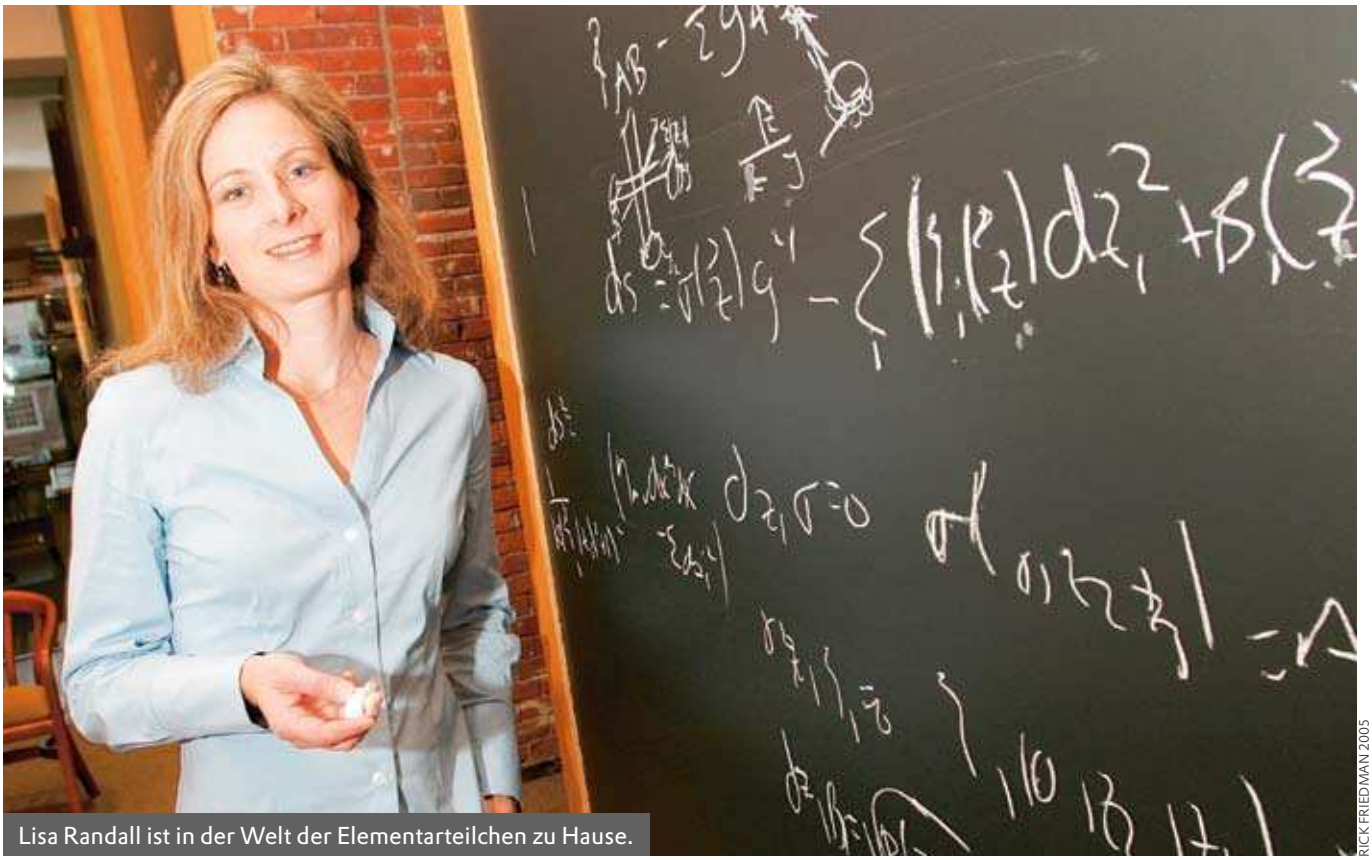
Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu hundert Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.



Das Buch »Vom Regenbogen zum Polarlicht« erklärt die faszinierenden Leuchterscheinungen in der Atmosphäre klar und verständlich.

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 16 000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie über den Beihefter, unter der Verlagsadresse, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo



Lisa Randall ist in der Welt der Elementarteilchen zu Hause.

RICK FRIEDMAN 2005

Wir, die Flächenwesen

Hat das Universum mehr als drei Raumdimensionen? Ein Interview mit der Physikerin Lisa Randall

>> Frank Schubert

Lisa Randall ist Professorin für theoretische Physik an der Harvard University. Sie forscht über Elementarteilchen und fundamentale Kräfte. Dabei geht sie der Frage nach, ob es zusätzliche Dimensionen im Universum gibt und wie diese sich physikalisch auswirken könnten.

Randall hat zahlreiche wissenschaftliche Preise erhalten und gehört zu den meistzitierten theoretischen Physikern. Kürzlich erschien ihr Buch »Verborgene Universen« auf dem deutschen Markt. Anfang November sprachen wir mit ihr in Berlin.

ASTRONOMIE HEUTE: Frau Randall, viele Physiker vermuten, dass es im Universum zusätzliche Raumdimensionen gibt – mehr als die uns bekannten drei. Warum?

Lisa Randall: Vor allem die Stringtheorie bringt uns dazu, über zusätzliche Dimensionen nachzudenken. Sie ist der meistversprechende Kandidat für eine Theorie, die die Gravitations- und die Quantenphysik in sich vereint. Die Stringtheorie weist darauf hin, dass das Universum insgesamt neun oder zehn Raumdimensionen enthält. Ein weiterer Grund, Zusatzdimensionen für möglich zu halten, ist die schlichte Frage: Warum sollte es nur drei davon geben? Die Gravitation funktioniert in jedem beliebigdimensionalen Raum. Und schließlich haben Theoretiker – darunter ich – gezeigt, dass einige physikalische Phänomene mehr Sinn ergeben, wenn das Universum höherdimensional wäre. Zum Beispiel ist dann leichter zu verstehen, warum die Gravitation im Vergleich zu den anderen fundamentalen Naturkräften so schwach ist.

AH: Ist die Schwäche der Gravitation der Hauptgrund dafür, zusätzliche Dimensionen zu vermuten?

Randall: Das ist einer von vielen Punkten. Es gibt in der Teilchenphysik ein Standardmodell, das die Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen beschreibt. Diese Theorie hat jedoch ein Problem: Sie liefert nur dann die korrekten Werte, wenn man ihre Gleichungen mit einem extrem präzisen Faktor korrigiert – einer Zahl, die auf dreizehn Stellen genau stimmen muss. Wir nennen diese Korrektur »Feinabstimmung«. Zwar funktioniert das Modell damit recht gut, aber wir fühlen uns nicht wohl dabei. Wir müssen mit einer unglaublich speziellen Zahl herumtricksen, damit die richtigen Er-

gebnisse herauskommen – da ist irgendetwas faul. Aus diesem Grund suchen wir nach einem neuen Ansatz, der die Feinabstimmung überflüssig macht.

AH: Und das könnte eine Theorie mit zusätzlichen Raumdimensionen sein?

Randall: Diese Frage stellen wir uns seit dreißig Jahren. Es sieht so aus, als gäbe es keine zufrieden stellende Theorie, die nur drei räumliche Dimensionen voraussetzt. Meine Kollegen und ich haben ein Modell vorgeschlagen, das eine verzerrte vierte Dimension enthält. Die Stärke der Gravitation hängt in diesem Modell erheblich davon ab, wo man sich in der vierten Dimension aufhält. Wir befinden uns an einer Stelle mit schwacher Gravitation. Dieser Ansatz scheint einige Probleme der Teilchenphysik besser zu lösen als das derzeitige Standardmodell.

AH: Wenn es zusätzliche Dimensionen im Kosmos gibt, warum haben wir sie bisher übersehen?

Randall: Sie könnten auf verschiedene Weise verborgen sein. Eine Möglichkeit besteht darin, dass sie zu winzigen Schleifen aufgerollt sind – so klein, dass keine derzeitige Messmethode sie registrieren kann. Oder sie sind verzerrt. In diesem Fall könnten wir sogar eine unendlich große Zusatzdimension nicht sehen.

AH: Warum?

Randall: Weil in diesem Fall die Elementarteilchen und die fundamentalen Naturkräfte im Wesentlichen auf unsere dreidimensionale Welt beschränkt wären. Sie könnten kaum oder gar nicht in die höheren Dimensionen entweichen, weshalb diese sich nicht bemerkbar machen würden.

AH: Haben wir überhaupt eine Chance, jemals Beweise für zusätzliche Dimensionen zu finden?

Randall: Durchaus. Manche höherdimensionale Theorien sagen die Existenz bestimmter Teilchen voraus, deren Masse so groß ist, dass wir bislang keine Chance hatten, sie zu entdecken – unsere Teilchenbeschleuniger erreichen noch nicht die erforderlichen Energien hierfür. Wir warten deshalb voller Spannung auf den Large Hadron Collider, der 2008 bei Genf in Betrieb gehen soll. Als leistungsstärkster Beschleuniger der Welt wird er bislang unerreichte Energien aufbringen. Vielleicht liefert er die gesuchten Hinweise.

AH: In Ihrem Buch beschreiben Sie verschiedene theoretische Ansätze mit zusätzlichen Raumdimensionen. Es ist aber nie von zusätzlichen Zeitdimensionen die Rede. Warum?

Randall: Theorien mit zusätzlichen Zeitdimensionen sind nicht stabil. Wir haben es ausprobiert, sie ergeben physikalisch keinen Sinn.

AH: Eines der von Ihnen entwickelten Modelle besagt: Wir leben auf einer dreidimensionalen Bran, die in einem vierdimensionalen Universum eingebettet ist (der Begriff Bran leitet sich von »Membran« ab; Anm. d. Red.). Wie kann man sich das vorstellen?

Randall: Es ist schwer, das in vier Dimensionen zu veranschaulichen, weil wir uns kein Bild davon machen können. Lassen wir einmal eine Dimension beiseite und stellen wir uns vor, wie eine Bran in einem dreidimensionalen Kosmos aussähe. Das wäre dann eine zweidimensionale Fläche – eine unendlich dünne Membran, die irgendwo im Raum aufgespannt ist. Auf dieser Membran könnten zweidimensionale Wesen leben, die von der dritten Dimension nichts mitbekommen. Ähnlich könnte es uns gehen, nur eben mit dem Unterschied, dass wir dreidimensional sind und auf einer dreidimensionalen Membran leben – einer Bran –, die in einem vierdimensionalen Universum aufgespannt ist.

AH: Bestehen Branen aus irgendeinem Material?

Randall: Das ist eine gute Frage. Die Modelle besagen, dass sie vermutlich Energie tragen. Weil da irgendetwas sein muss, was die Trägerfunktion ausübt, ist eine Bran wohl tatsächlich ein Ding, nicht nur ein Ort.

AH: Sie schreiben, dass sich parallel zu unserer eine weitere dreidimensionale Bran erstrecken könnte – in einem Abstand von weniger als einem Atomdurchmesser. Das wäre eine Art Parallelwelt, nur Bruchteile eines Millimeters von uns entfernt. Warum bemerken wir sie nicht?

Randall: Weil alles, was unsere Welt ausmacht – Elementarteilchen, Atome, Licht und so weiter –, in diesem Szenario auf unsere Bran beschränkt ist. Außerhalb davon existiert es nicht. Auf der Nachbar-Bran gäbe es völlig andere Materie und völlig andere Wechselwirkungen. Eine elektrische Ladung in unserer Welt würde sich in keiner Weise auf die Nachbar-Bran auswirken: Es gäbe dort nichts, was diese Ladung spüren kann. Und wir wiederum wären völlig unempfindlich gegenüber der Materie und den Wechselwirkungen auf der benachbarten Bran. Die einzige Kraft, mit der sich die beiden Branen gegenseitig beeinflussen könnten, wäre die Gravitation, weil sie in allen Dimensionen wirkt. Aber das ist eine sehr schwache Kraft.

AH: Warum sind die Physiker so sicher, dass die Gravitation in allen Dimensionen wirkt?

Randall: Das hat etwas damit zu tun, was Einstein über die Gravitation herausgefunden hat. Seine Theorie besagt: Alles, was Energie oder Masse trägt, erzeugt Gravitation und unterliegt ihr zugleich – und zwar überall. Masse und Energie verzerren die Geometrie der Raumzeit in allen vorhandenen Dimensionen.

»Die Dunkle Energie ist wirklich schwer zu verstehen, wenn man voraussetzt, dass nur drei Raumdimensionen existieren«

AH: Bedeutet das, dass wir die Schwerkraft von Objekten messen können, die sich auf einer benachbarten Bran befinden?

Randall: Im Prinzip ja, aber es wäre schwierig, weil die Wirkung sehr schwach wäre. Doch es gäbe andere, indirekte Effekte, die wir durchaus messen könnten. In einem höherdimensionalen Universum müsste es höherdimensionale Varianten des Gravitons geben – jenes Teilchens, das die Schwerkraft überträgt. Diese höherdimensionalen Teilchen – wir nennen sie Kaluza-Klein-Moden – müssten wir nachweisen können. Der Theorie zufolge haben sie die gleichen Eigenschaften wie Teilchen aus un- >

»Vielleicht finden wir etwas Neues.«

RICK FRIEDMAN 2005

> serer Welt, aber sie sind schwerer. Es wäre durchaus möglich, dass wir mit Hilfe von Kaluza-Klein-Teilchen einiges über den höherdimensionalen Raum erfahren.

AH: Derzeit rätseln die Astronomen, worum es sich bei der Dunklen Materie handelt, die sich in unserem Kosmos indirekt nachweisen lässt. Könnte das eine Materie sein, die sich auf einer Nachbar-Bran befindet und von der wir die Schwerkraft spüren?

Randall: Das wäre möglich. Aber die Physik kann die Dunkle Materie wahrscheinlich auch ohne Extradimensionen erklären. Interessanter ist da schon die Dunkle Energie, über die wir erheblich weniger wissen. Sie ist wirklich schwer zu verstehen, wenn man voraussetzt, dass nur drei Raumdimensionen existieren.

AH: Angenommen, es gäbe intelligente Lebewesen auf einer Nachbar-Bran. Könnten wir mit ihnen über Gravitationswellen kommunizieren?

Randall: Prinzipiell ja. Aber wir beginnen gerade erst, uns experimentell mit Gravitationswellen zu befassen. Seit einigen Jahren ist der Gravitationswellendetektor Ligo in den USA in Betrieb. Wir hoffen damit Neutronensternen, Schwarzen Löchern oder Supernovae auf die Spur zu kommen. Bislang hat Ligo noch nichts gefunden. Voraussichtlich 2015 soll Lisa starten, ein weltraumgestützter Gravitationswellendetektor. Wir wissen nicht, was Lisa registrieren wird – wie gesagt, wir stehen diesbezüglich erst am Anfang.

AH: Gäbe es neben der Schwerkraft keine Möglichkeit, mit einer benachbarten Bran zu kommunizieren?

Randall: Wir sind uns nicht sicher, ob nicht auch andere Kräfte in höheren Dimensionen wirken, zum Beispiel der Elektromagnetismus oder die starke Wechselwirkung. Das Einzige, was wir mit Sicherheit sagen können: Die Gravitation sollte überall sein. Die anderen Kräfte – vielleicht.

AH: Physiker befassen sich auch deshalb mit Extradimensionen, weil sie hoffen, dadurch die vier grundlegenden Naturkräfte – Gravitation, Elektromagnetismus, schwache und starke Wechselwirkung – vereinen zu können. Wie helfen Zusatzdimensionen bei diesem Problem?

Randall: Die starke und die schwache sowie die elektromagnetische Wechselwirkung verändern ihre Stärke mit zunehmender Energie. Bei einer bestimmten, sehr hohen Energie scheinen sie alle dieselbe Stärke anzunehmen, sich also zu vereinen. Der Punkt, wo sie das tun, ist aber nicht der gleiche, wo sie auch mit der Gravitation zusammentreffen – zumindest in drei Raumdimensionen. Gäbe es jedoch mehr als drei Dimensionen, würde die Schwerkraft anders von der Energie abhängen als bisher angenommen und sich vielleicht auf derselben Skala mit den anderen Kräften vereinen. Zusätzliche Dimensionen können die Vereinigung der fundamentalen Wechselwirkungen möglicherweise eleganter und schlüssiger erklären.

AH: Physiker wollen immer größere Teilchenbeschleuniger, um damit immer höhere Energien zu erforschen und den fundamentalen Kräften näher zu kommen. Aber es gibt auch Wissenschaftler, die davor warnen. In großen Beschleunigern, sagen sie, spielen sich bei hohen Energien exotische Prozesse ab. Schwarze Löcher könnten entstehen oder strange-Quarks, die die Umgebung verändern. Im Extremfall, hieß es, könne die Erde zu einer hundert Meter großen Kugel schrumpfen.

Randall: Schwarze Löcher in Teilchenbeschleunigern sind sehr winzig und zerfallen augenblicklich, bevor sie irgendwelche Materie an sich ziehen können. Und strange-Quarks entstehen in diesen Anlagen schon seit Langem in riesiger Zahl. Die Welt ist bisher offensichtlich nicht untergegangen – ich glaube also, wir können ganz beruhigt sein.

AH: Es gibt keine Gefahr?

Randall: Es gibt etliche Dinge auf der Erde, über die wir uns wesentlich größere Sorgen machen sollten als über Teilchenbeschleuniger.

AH: Sie schreiben, in künftigen Teilchenbeschleunigern könnten fünfdimensionale Schwarze Löcher entstehen. Wie würden solche Objekte in unserer Welt aussehen?

Randall: Sie würden sehr schnell zerfallen und in alle möglichen Richtungen zerstrahlen. Dabei entstünden viele Teilchen – zum Beispiel Elektronen –, die wir registrieren könnten.

AH: Frau Randall, Ihr Forschungsgebiet behandelt Phänomene, die zum Teil weitab der beobachtbaren Wirklichkeit liegen. Fühlen Sie sich nicht manchmal wie vom Rest der Welt abgekoppelt?

Randall: Es ist richtig, dass die höherdimensionale Physik manchmal ein bisschen abgehoben oder sogar esoterisch wirkt. Wenn ich manchen Freunden etwas über meine Arbeit erzähle, können die zunächst auch wenig damit anfangen. Deshalb habe ich ja ein Buch geschrieben, das allgemein verständlich darstellen soll, was Physiker wie ich eigentlich machen und woher unsere Ideen kommen. Ich finde es spannend, mit Nichtphysikern über zusätzliche Dimensionen zu sprechen und ihnen unsere theoretischen Konzepte dazu zu erläutern.

AH: Ist es die Tiefe, die Sie an diesem Thema so fasziniert?

Randall: Teilweise. Es ist aber auch die Faszination, Puzzles zusammenzusetzen. Und mein Forschungsgebiet hat viel mit Puzzlearbeit zu tun. Wer weiß, vielleicht finden wir dabei etwas fundamental Neues. <<

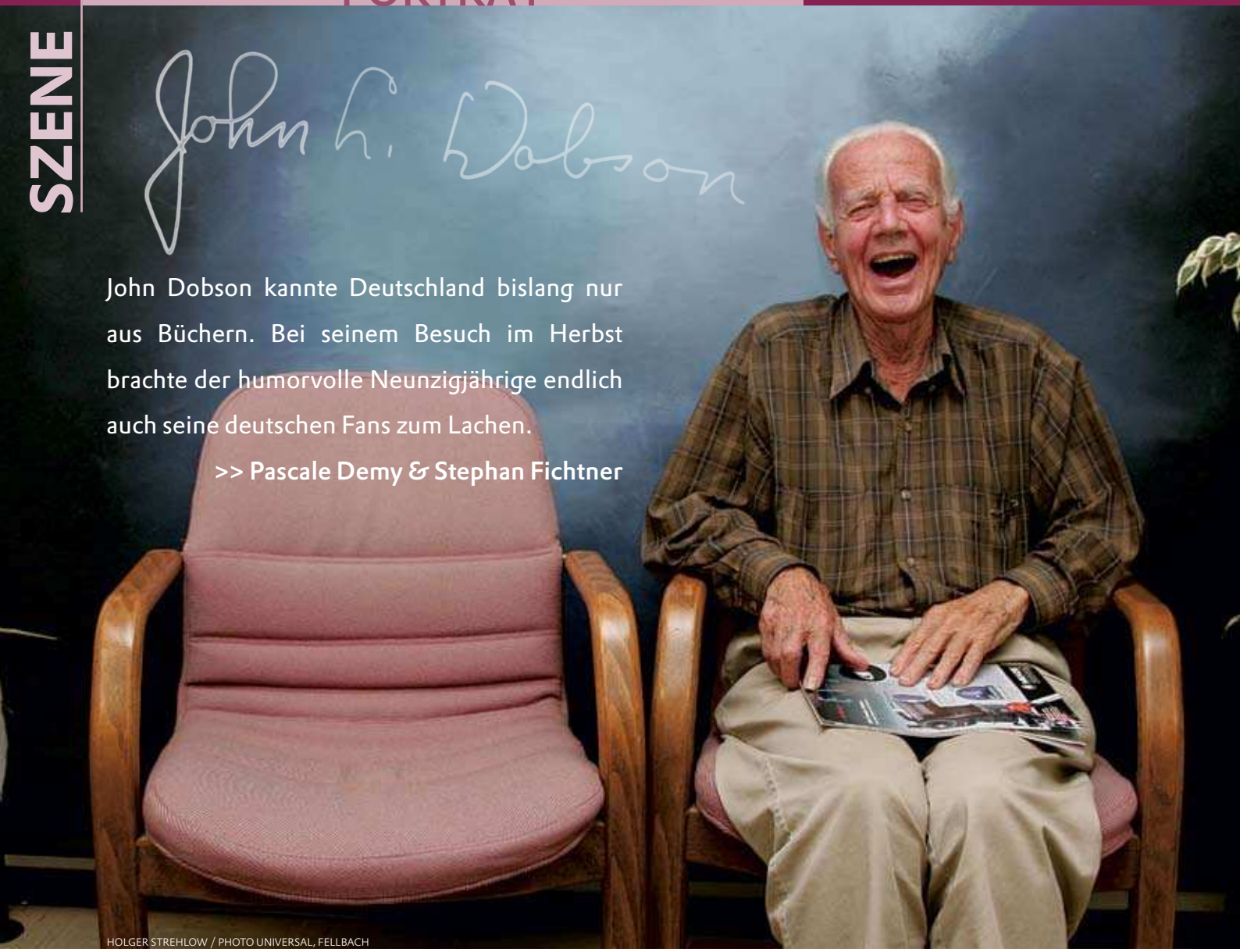
Die Fragen stellte **Frank Schubert**.

Im Science-Shop:
Lisa Randall: »Verborgene Universen«,
S. Fischer Verlag, 19,90 €
www.science-shop.de/artikel/843541

John H. Dobson

John Dobson kannte Deutschland bislang nur aus Büchern. Bei seinem Besuch im Herbst brachte der humorvolle Neunzigjährige endlich auch seine deutschen Fans zum Lachen.

>> Pascale Demy & Stephan Fichtner



HOLGER STREHLOW / PHOTO UNIVERSAL, FELLBACH

Die letzten Monate vor Johns Ankunft stehe ich mit seiner Agentin Donna Smith in regem E-Mail-Kontakt, bis alle Termine unter Dach und Fach sind. Denn der Erfinder des Dobsonteleskops ist ein gefragter Mann: Norwegen, Russland, Ukraine, Deutschland, England und wieder zurück nach San Francisco in nur fünf Wochen – ein solches Programm wäre für manch Siebzigjährigen zu viel. Doch nicht für John! Es ist zwar sein erster Besuch in Deutschland, doch bin ich aufgeregter als der Neunzigjährige, als ich am Gate des Frankfurter Flughafens auf ihn warte.

1. Station: Stuttgart

Obwohl ich ihm noch nie persönlich begegnet bin, entsteht in meinem Kopf schon vor seiner Ankunft ein Bild von jenem Mann, den ich heute Abend in Empfang nehmen soll. Auch in meiner Familie gibt es Menschen jenseits der neunzig. Doch die sind nicht sehr mobil und würden sich eine solche Reise sicher nicht zutrauen – vor allem nicht allein. Ich stelle mich also unbewusst auf einen hilfsbedürftigen Menschen ein. Ein Irrtum, wie sich zeigt: Mir kommt ein kleiner, agiler Mann entgegen, der sich keineswegs von den vielen Gängen und Hallen des Frankfurter Flughafens bange machen lässt.

Er habe sich daran gewöhnt, an fremden Orten von unbekannten Menschen abgeholt zu werden, meint John und gibt gleich eine seiner vielen Anekdoten zum Besten. Einmal sei sein Flieger zu früh eingetroffen und er habe seinen Abholer verfehlt. Da ihm aber weder dessen Namen noch dessen Aussehen bekannt war, bat er die Frau am Informationsschalter

Say »Cheeeese«! Holger Strehlow lichtet John beim Fototermin im Fernrohrland ab. Immer dabei: die AH-Ausgabe 10/2005 (unten), in der das erste deutschsprachige Porträt von John erschien

LINKS: AH, STEPHAN FICHTNER; RECHTS: GERNOT MEISER

um folgende Durchsage: »John Dobson sucht denjenigen, der ihn sucht!«

Hilflos ist dieser Mann keineswegs. Zudem ist er auch noch unwahrscheinlich gut zu Fuß für sein Alter. Die zwanzig Minuten bis zu meinem Wagen machen ihm überhaupt nichts aus. Im Gegenteil: Wo immer sich die Gelegenheit bietet, nimmt er statt des Aufzugs die Treppe.

Auch auf der Fahrt nach Stuttgart ist John trotz des zurückliegenden Flugs hellwach und will alles über die deutschen Autobahnen wissen: Wie schnell darf man fahren? Warum sind so viele Lkws unterwegs? Alles interessiert ihn, und nicht etwa nur aus Höflichkeit.

Kurz hinter Heidelberg reißt die bislang geschlossene Wolkendecke auf und gibt den Blick auf einen teilverfinsterten Mond frei. Es bietet sich ein toller Anblick, mit dem nach der ungünstigen Wetterprognose gar nicht mehr zu rechnen war. Vielleicht hat der Schutzheilige der Amateurastronomen für John ein Auge zugedrückt.

Unser Gespräch kreist nun wieder um Sachthemen. Wie viele Wissenschaftler in Deutschland an den Urknall glauben, will John wissen. »Die überwiegende Mehrheit, um nicht zu sagen, fast alle«, antworte ich – und weiss, dass ich damit zu einem seiner Lieblingsthemen komme. John Dobson hat eine Mission: Er kämpft gegen das in Fachkreisen verbreitete Urknallmodell und nutzt dabei in der Öffentlichkeit geschickt die Aussagen dieser Theorie, die im Gegensatz zum gesunden Menschenverstand zu stehen scheinen. »Nothing comes from nothing – Nichts kann aus einem Nichts entstehen«, ist eines seiner liebsten Mottos. Heute Abend ist es für einen ausführlichen Disput zwar schon zu spät, doch in den kommenden Tagen wird John jede Gelegenheit ergreifen, sein Leib- und Magenthema wieder an den Mann oder die Frau zu bringen.

Die Firma Fernrohrland bei Stuttgart bietet ihm als Erste ein Podium. Geduldig lässt er sich hier mit jedem fotografieren, erfüllt jeden noch so ausgefallenen Autogrammwunsch und unterzeichnet mit John L. Dobson – »the L stands for Lowry« – auf Rockerboxen, Teleskoptuben, Okularauszügen und Zubehör. Lediglich als ein Sternfreund ihn bittet, auf der Vorderseite eines alten Teleskopspiegels zu unterschreiben, erntet dieser ein freundliches »No!«. John hat alle Spiegel seiner Teleskope eigenhändig geschliffen und weiß, wie viel Mühe darin steckt. Es widerspricht seiner Überzeugung, diese Arbeit mit einem Edding zu zerstören. Schließlich unterschreibt er auf der Rückseite.

2. Station: Besuch im Saarland

»Das Paket«, wie John sich gern selbst nennt, geht auf die Reise nach Saarlouis und wird vom dortigen Astronomieverein Cassiopeia und der Volkshochschule in Empfang genommen. Er will tagsüber nicht mehr viel unternehmen, denn die letzten 24 Stunden waren sehr intensiv und anstrengend. Abends ist ein Vortrag über sein Teleskopsystem und »Sidewalk-Astronomy« – die Gehweg-Astronomie – im Theater am Ring geplant. Der Vereinsvorsitzende Gernot Meiser hat eine Multimedia-Präsentation >

Medienprofi Auch beim Umgang mit Radio- und Fernsehjournalisten scheut sich John nicht, seine provokanten Thesen zu äußern.

SONNENAUFNAHMEN IM LICHT DER ROTEN WASSERSTOFFLINIE (656,28NM) MIT SKYNYX2-0M

· Mosaik aus 4 Bildern: Östliche Sonnenregion mit AR 0901 (aktive Region) vom 25.7.2006
· Refraktor mit f= 660mm / 80mm, Coronado SM60 + BF15 mit Barlowlinse auf f= 2200mm erweitert
· Die Bildrate betrug 60 fps mit einem Notebook mit Intel Duo Prozessor 1,66 GHz

SKYNYX ASTRONOMIE KAMERAS

SKYnyx2-0
· CCD mit 640x480 Pixel
· Bis zu 60 Frames pro Sekunde (Bei voller Auflösung)
· 8 oder 12 Bit pro Pixel
· Farbe und S/W
· T-Mount Anschluß
789,00 €*

SKYnyx2-1
· CCD mit 1392x1040 Pixel
· Bis zu 15 Frames pro Sekunde (Bei voller Auflösung)
· 8 oder 12 Bit pro Pixel
· Farbe und S/W
· T-Mount Anschluß
1.275,00 €*

SKYnyx2-2
· CCD mit 1616x1232 Pixel
· Bis zu 12 Frames pro Sekunde (Bei voller Auflösung)
· 8 oder 12 Bit pro Pixel
· Farbe und S/W
· T-Mount Anschluß
1.835,00 €*

FRAMOS ELECTRONIC VERTRIEBS GMBH
Zugspitzstr. 5 - Haus C
82049 Pullach bei München
T +49.89.710 667-0 · F +49.89.710 667-66
info@framos.de · www.framos.de
info@framos.co.uk · www.framos.co.uk
info@framos.it · www.framos.it

* Preis incl. Mwst. und Versand in Deutschland so lange Vorrat reicht.

LINKS: STEPHAN FICHTNER (2); RECHTS: MARGIT MÜLLER

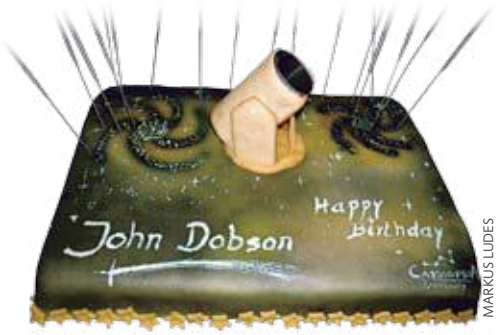
> vorbereitet, die das Publikum – darunter auch Gäste aus Luxemburg und Frankreich – in die Ästhetik der kosmischen Weiten entführt. Eine perfekte Einstimmung, auch für Dobson, den begnadeten Redner und Entertainer.

»Nothing doesn't exist« – das Nichts gibt es nicht – der Schriftzug von Johns persönlichem Kredo prangt an der Leinwand, im Hintergrund die Steine von Stonehenge und ein Sternhimmel, der bald der Bewegung der Planeten in unserem Sonnensystem weicht. John strahlt über das ganze Gesicht, und ich glaube, in seinen Zügen zu lesen: Na, warte mal ab, das ist ja mein Thema!

Doch bevor er loslegen kann, hat der ganze Saal schon ein »Happy Birthday« angestimmt, denn der agile Teleskoperfinder feiert heute seinen 91. Geburtstag. Der Bäcker hat sich selbst übertroffen und eine Geburtstagstorte mit einem Dobsonteleskop aus Biskuit und Marzipan gebacken (siehe Foto unten).

Auf die Bitte des Vereins hin referiert Dobson über die Anfänge der Gehweg-Astronomie. »Die Amateurastronomen sind diejenigen, die zur Öffentlichkeit sprechen sollten, denn Profi-Astronomen tun das normalerweise nicht«, behauptet John. Aus dieser Notwendigkeit und Überzeugung heraus hat er mit einigen Freunden in den 1960er Jahren den Verein der Sidewalk-Astronomer gegründet.

Ein Marzipandobson zierte die Torte, die John in Saarlouis zu seinem 91. Geburtstag überreicht wurde.



MARKUS LUDES

Begeistert erzählt er uns von den Touren durch die Nationalparks. Dobson, ein wunderbarer Unterhalter, lässt keine Gelegenheit aus, uns mit seinen Anekdoten zum Lachen zu bringen: »You know, one of us slept for six weeks in his telescope. There is one advantage, when you sleep in a telescope: You can not roll out of bed!«

Die Diskussion weitet sich relativ schnell auf sein Weltbild aus: Leidenschaftlich verteidigt er seine Kosmologie und stellt sich als strikter Gegner der Urknalltheorie dar. »Nothing can be born out of zero, the universe was always there!« – »Wie kann irgend etwas aus dem Nichts entstehen?«, fragt er uns. Das ist völlig unlogisch! Mit ausdrucksvoller Mimik und Gestik fordert er die Zuhörer auf, nach vorne zu kommen, damit er sie besser verstehen ... und natürlich auch gekonnt eines Besseren belehren kann. Und schon entstehen Formeln an der Tafel, die sowohl die improvisierten Übersetzer als auch das gesamte Publikum gemeinsam zu interpretieren versuchen. »Was halten Sie von der Dunklen Materie?«, will einer wissen – »Come on, this stuff has been invented to save the big bang theory«, wettert er dagegen: »Es wurde einfach eine neue Physik erfunden, um die Urknalltheorie zu untermauern.« »Schlimm genug«, murmelt er weiter, »dass dieser Unsinn immer noch gelehrt wird.«

Dobson vertritt sein eigenes kosmologisches Modell, wonach das Universum sich selbst recycelt. Dabei stützt er sich auf die Relativitätstheorie Albert Einsteins – Energie und Materie sind äquivalent – und auf die Unschärferelation Heisenbergs. Nach seiner Vorstellung dehnt sich das Universum für alle Zeiten aus, wobei Wasserstoffatome recycelbar sind, sich also erneuern. Kritiker werfen ihm vor, sein Modell sei nicht wissenschaftlich fundiert. Doch das hindert ihn nicht, seine Überzeugung in alle Welt zu tragen: Er hält Seminare in Kalifornien, Oregon, manchmal aber auch in England, Chile oder in Sibirien.

Am Morgen danach geht es, ganz »Gehweg-Astronomen-like«, mit einigen Dobsonteleskopen zur Sonnenbeobachtung in die Fußgängerzone der Innenstadt von Saarlouis. Öffentliche Beobachtungen haben hier schon Tradition. Solche Veranstaltungen sind ganz nach Johns Geschmack.

Da es die Sonne mit uns heute nicht so gut meint, hat er jede Menge Zeit, Passanten und Schülern aus seinem Leben und von den Anfängen der Gehweg-Astronomie zu erzählen. Seine Gabe, sich auf Menschen einzulassen, mit ihnen umzugehen, ist unglaublich. Ob Kindergartenkinder, denen er sein bestes Deutsch präsentiert, Jugendliche oder Erwachsene, jeder bekommt vom Meister persönlich eine auf sein Know-how und seine Bedürfnisse perfekt zugeschnittene Lektion. Beim Interview mit dem Fernsehteam hält sich John nicht zurück und gibt auch mal barsche Antworten, wenn ihm eine Frage nicht passt oder zu ketzerisch erscheint.

Am nächsten Morgen müssen wir »das Paket« spätestens um neun Uhr »aufgegeben haben«, damit John rechtzeitig in Villingen-Schwenningen zur Astro-Messe eintrifft. Aber John redet und redet und es fällt uns schwer zu realisieren, dass sein Besuch gleich vorbei ist. Als er mich zum Abschied in die Arme nimmt und fest drückt, überkommt mich ein Gefühl der Traurigkeit. Als er dann noch fragt, ob wir uns jemals wiedersehen, wird mir auf einmal mulmig. Es kann doch nicht so plötzlich vorbei sein,

HELMUT KOCH

Marathonmann Beim Autogrammgeben erfüllt John trotz langer Warteschlange fast jeden Wunsch.

wo eine Verbundenheit, ein gewisses heimliches Einverständnis gerade erst und so rasch, über wenige gemeinsame Stunden, entstanden ist.

Als Gernot und John mit dem Auto um die Ecke verschwinden, steigt in mir ein Gefühl der Leere auf. Ich sitze nachdenklich vor den letzten Häppchen meines Obstsalats. Mit seiner wunderbar natürlich-authentischen Art hat John es mühelos geschafft, dass alle ihm gegenüber den größten Respekt empfinden. Und er hat uns in vieler Hinsicht auch einen Anstoß zum Nachdenken gegeben.

3. Station: Besuch der AME

Durch die Verzögerung bei der Abfahrt im Saarland und einige Umwege über deutsche Landstraßen verspätet sich John. Dabei ist er der »Top Act« der Messe. Kurz vor seinem angekündigten Auftrittstermin ist der Vortragssaal gerammelt voll. Doch die Leute harren aus, manche haben gar nur wegen ihm eine lange Anreise in Kauf genommen. Dann kommt er, und als er merkt, wie alle an seinen Lippen hängen, läuft er zu großer Form auf. Natürlich spielt sein Lieblingsthema wieder die Hauptrolle.

Nach seinem Vortrag steht John am Stand des Spektrum-Verlags für Fragen und Autogrammwünsche noch zur Verfügung. So lange, fast nicht endende Menschenschlangen vor einem Messestand sind selten. Doch der Neunzigjährige wird nicht müde, sich für jeden Zeit zu nehmen.

Viel zu schnell sind die Tage mit John verflogen. Jeder, der ihn in dieser Zeit etwas näher kennen lernen durfte, berichtet von dem Vakuum, das er hinterließ. In den Herzen vieler neuer Fans hier in Deutschland wird er auch in Zukunft bleiben. <<

Pascale Demy traf John Dobson in Saarlouis, AH-Redakteur **Stephan Fichtner** begleitete ihn in Stuttgart und Villingen-Schwenningen.

Mehr zu diesem Artikel: www.astronomie-heute.de/artikel/857848

REDSHIFT™ 6

Faszination Universum

Das weltweit führende Profi-Planetarium jetzt in neuer Auflage!

...mit zahlreichen neuen Funktionen wie 3D-Flug durch das Sonnensystem und zu den nächsten Sternen, Teleskop- und Joysticksteuerung sowie synchronisiertem Zugang zu Digitized Sky Survey (DSS) und zu Google Maps

Vorteile der Premium-Version:

- Makrorecorder zum Erstellen eigener Weltraumführungen
- 77 Videos zu jüngsten Ereignissen aus Astronomie und Raumfahrt
- 60-minütige Animation »Unser Universum« zum aktuellen Wissensstand der modernen Astronomie

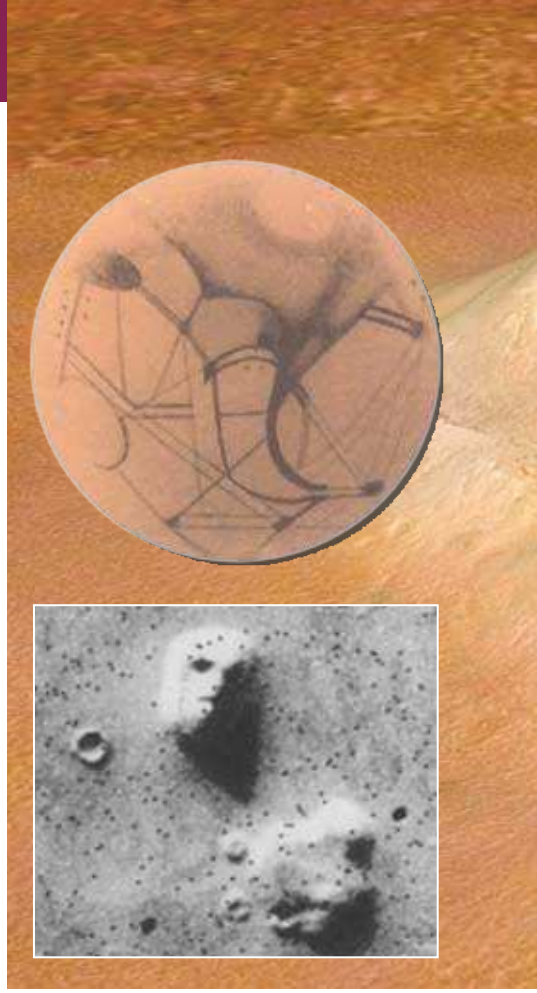
RedShift™ 6 Premium
Inhalt: DVD-ROM für Win
ISBN 10: 3-8032-1768-7
ISBN 13: 978-3-8032-1768-4
Preis: € 99,-*/sFr 169,-*

RedShift™ 6
Inhalt: 2 CD-ROMs für Win
ISBN 10: 3-8032-1767-9
ISBN 13: 978-3-8032-1767-7
Preis: € 79,90*/sFr 139,-*

*unverbindliche Preisempfehlung

USM DIGITAL MEDIA

United Soft Media Verlag GmbH • Thomas-Wimmer-Ring 11 • D-80539 München
Bestelltelefon 089/24 23 48 03 • E-Mail: bestellung@hqmedia.de • Bestellfax 089/29 08 81 60
Weitere spannende CD/DVD-ROM-Titel finden Sie auf www.usm.de



Wie uns der Mars dreimal enttäuschte

Es wäre zu schön, gäbe es auf einem unserer Nachbarplaneten Lebewesen. Können wir den Mars diesbezüglich abschreiben?

>> Rudolf Kippenhahn

Außerirdische müssen ja nicht unbedingt solche Widerlinge sein wie in dem Hollywoodfilm »Krieg der Welten«. Sie könnten auch klug und friedlich daherkommen, wie in Kurd Laßwitz' Roman »Auf zwei Planeten«. Dort gibt es sogar einen Mischling – halb Marsianer, halb Mensch –, der unauffällig irgendwo in Thüringen lebt.

Vermutlich ist Mars derjenige Himmelskörper, den die Menschen am häufigsten verdächtigten, Aliens zu beherbergen. Mehrere Male tauchten vermeintlich felsenfeste Beweise für marsianisches Leben auf. Doch stets folgte auf große Euphorie ein mindestens ebenso großer Dämpfer.

Im Jahr 1877 glaubte der Direktor der Mailänder Sternwarte, Giovanni Schiaparelli, im Fernrohr auf der Oberfläche des Mars feine, gerade Linien zu erkennen, die sich von den dunklen Flecken über die helleren Bereiche hinziehen. Er deutete sie als Marskanäle. Seine Vermutung beflügelte sofort die Fantasie seiner Zeitgenossen: Solche geometrisch regelmäßigen Gebilde, hieß es, können in der Natur doch kaum von selbst entstehen! Die Kanäle müssen also von intelligenten Wesen gebaut worden sein, die vielleicht auf ihrem wasserarmen Planeten mit einem großartig angelegten Kanalisationssystem die Wüsten bewässern!

Der Gedanke an Marsmenschen bewegte vor allem die Medien und die Laien. Aber nicht nur die: Der wohlhabende amerikanische Astronom Percival Lowell verbreitete seine ausgefallenen Ideen über intelligente Marslebewesen und gründete sogar eine Sternwarte zur Erforschung des Planeten. Das Observatorium, das er im Jahr 1894 in Flagstaff (Arizona) bauen ließ, gibt es noch heute.

Keine Flüsse weit und breit

Doch je mehr Beobachter nach den Kanälen suchten, umso widersprüchlicher wurde die Erscheinung. Je besser die Teleskope wurden, umso weniger sah man von den vermeintlichen Wasserstraßen. Es gelang auch nie, diese fotografisch festzuhalten. So kamen sie in den 1920er Jahren wieder aus der Mode. Waren sie eine optische Täuschung?

Dass die Kanäle tatsächlich nicht existieren, stellte sich endgültig erst im Juli 1965 heraus. Da flog die amerikanische Sonde Mariner 4 in rund 10000 Kilometer Abstand am Mars vorbei und funkte 22 Bilder seiner Oberfläche zur Erde. Bereits das erste Foto zeigte eine Gegend, die eigentlich vom Marskanal Hades durchschnitten werden sollte, doch auf der Aufnahme war davon keine Spur zu sehen. Inzwischen haben weich gelandete Marssonden großflächig die dortigen Landschaften fotografiert – künstliche Wasserstraßen entdeckten sie keine. Das war die erste Enttäuschung.

Den zweiten großen Reinfall gab es bei der Suche nach bakteriellem Leben auf dem Roten Planeten. Schon die amerikanische Sonde Viking 1, die dort im Juli 1976 landete, hatte im Boden nach Spuren von Mikroben gesucht – ohne Erfolg. Aber muss man nach Marsbewohnern unbedingt auf dem Mars fahnden?

Wenn Körper aus dem Weltall auf einem Planeten oder Mond einschlagen, spritzt Materie nach oben. Ist die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Brocken hinreichend groß – beim Roten Planeten müssen es mindestens fünf Kilometer pro Sekunde sein –, dann fallen sie nicht mehr zurück, sondern entfliehen ins All. Marsgestein kann dadurch in die Nähe der Erde gelangen und sogar auf diese herabstürzen.

Von den etwa 10000 Meteoriten, die man bislang auf unserem Heimatplaneten gefunden hat, unterscheiden sich einige chemisch von Erd- oder Mondgestein und auch von anderen Meteoriten. Die in ihnen

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM / MOC / MSSS; KLEINES S/W-FOTO: NASA; RUNDES FOTO: MIT FRDL. GEN. VON R. KIPPENHAHN

Kein Marsianer, nirgends Im 19. Jahrhundert glaubte der Astronom Giovanni Schiaparelli künstliche Kanäle auf dem Mars zu erkennen (oberes kleines Bild). Hundert Jahre später fotografierte die Sonde Viking Orbiter ein menschliches Antlitz auf dem Planeten (darunter). Die schwarzen Punkte auf diesem Foto sind Übertragungsfehler, einer davon verhalf dem Gesicht zu einem Nasenloch. Beide »Bauwerke« entpuppten sich als Täuschung: Schiaparellis Kanäle gibt es nicht – und das Marsgesicht ist ein normaler Berg, wie diese Aufnahme der Sonde Mars-Express (großes Bild) zeigt.

eingeschlossenen Gase sind ähnlich zusammengesetzt wie die Marsatmosphäre. Wir haben es bei diesen Meteoriten also mit großer Wahrscheinlichkeit mit Brocken von unserem Nachbarplaneten zu tun.

Im Sommer 1996 sorgte die Nasa für Aufregung: In einem Marsmeteoriten, der in der Antarktis gefunden wurde, glaubten einige ihrer Forscher Spuren versteinerten Lebens gefunden zu haben. Es handelte sich um stäbchenförmige Strukturen, die an irdische Bakterien erinnerten, allerdings waren sie etwa hundertmal kleiner als diese. Nach langer Debatte hat sich mittlerweile jedoch recht klar herausgeschält, dass es sich bei den Stäbchen nicht um Überreste von Organismen handelt. Die Belege dafür sind einfach zu dünn.

Kürzlich fand man in einem 1911 in Ägypten niedergegangenen Marsmeteoriten winzige Tunnel mit Längen von einigen tausendstel Millimetern – Löcher, wie sie auf der Erde von Bakterien in Stein gefressen werden. Wer immer diese Löcher gebohrt hat und wann und wo immer er es tat – heute ist er nicht mehr da. Nur die Tunnel sind geblieben.

Mit versteinerter Miene

Aber es gab noch eine große Hoffnung auf marsianisches Leben – besonders für jene, denen die Schulwissenschaft nicht spannend genug ist. Auf einem Bild, das die Marssonde Viking Orbiter im Juli 1976 aufnahm, kann man eine Oberflächenstruktur erkennen, die an ein menschliches Gesicht erinnert. Ein riesiges Denkmal, das die Marsbewohner errichtet haben?

Dieses »Marsgesicht« haben diverse Autoren bis zum Gehtnichtmehr ausgeschlachtet. Dem Verfasser eines deutschen Bestsellers über Leben auf dem Roten Planeten fiel die frappante Ähnlichkeit des Gesichts mit den Ureinwohnern Australiens auf. Haben uns die Marsbewohner früher einmal besucht und hier Nachkommen hinterlassen?

Abermals Fehlanzeige. Inzwischen haben bessere Bilder gezeigt, dass das Marsgesicht ein ganz normaler Berg ist, der aus einer bestimmten Aufnahmerichtung bei geeignetem Sonnenstand an ein menschliches Antlitz erinnert. Das war die dritte Enttäuschung – wieder keine Brüder und Schwestern auf unserem Nachbarplaneten!

Aber die Nasa hat noch nicht alle Hoffnung aufgegeben. Im Sommer oder Herbst 2010 soll das »Mars Science Laboratory« weich auf unserem Nachbarn landen, um dort erneut Bodenproben auf mikroskopische Lebewesen zu untersuchen – tot oder lebendig. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt hat eine Animation zum Marsgesicht erstellt. Sie finden sie auf unseren Internetseiten unter www.astronomie-heute.de/artikel/857355.

Heiße Erfahrung Menschen und Maschinen müssen vor der Hitze geschützt werden, wenn von der Gussform für einen riesigen Spiegelträger der Deckel genommen wird.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: SCHOTT AG

Durch das Feuer zu den Sternen

Aus der Glaskeramik Zerodur entstehen präzise Spiegelträger für Großteleskope. Ihre Fertigung erfordert Know-how, aber auch Schweiß teibende Arbeit und viel Geduld.

>> Bernhard Gerl

Es versprach ein Spiel mit dem Feuer zu werden. Aus weiß glühender Schmelze sollte ein vier Meter großer Spiegelträger für ein Teleskop in Arizona entstehen. So hatte man es mir angekündigt. Ich erwartete also bei meinem Besuch der Firma Schott in Mainz auf sengende Hitze zu treffen.

Als ich am 2. Juni 2006 die Gießhalle betrete, ist der erste Eindruck jedoch ernüchternd, denn die Gießform und die Schmelz- und Füllanlage sind in einem riesigen Kasten verborgen. Allein ohrenbetäubender Lärm dringt nach außen. Die Hitze darin lässt sich nur erahnen. »Doch, doch«, versichert Peter Hartmann, Leiter der Astro-Space-Abteilung des Unternehmens, »die Schmelze, die gerade einfließt, ist 1600 Grad Celsius heiß. Wir sind nur zu weit weg, um das zu spüren.«

Gewaltige Temperaturen

Die Arbeiter, die näher dran sind und regelmäßig den Füllstand der Gussform prüfen, tragen silbrig glänzende Hitzeschutzanzüge – ohne diese wären die enormen Temperaturen nicht zu ertragen. Der Umgang mit der seit dreißig Jahren bewährten Glaskeramik ist längst Routine. Die Erfahrungen, die das Unternehmen mit Spiegelträgern gesammelt hat, sind kaum zu übertreffen.

Bereits eines der ersten großen Spiegelteleskope, das vor hundert Jahren in Heidelberg seinen Betrieb aufnahm, besaß einen 720-Millimeter-Spiegel aus

Einen behutsamen Umgang erfordert flüssiges Glas. Ein Kran hebt die volle, noch heiße Gussform vorsichtig auf einen Tieflader. Der soll sie zum Abkühlen in eine andere Halle der Schott-Werke bringen.

dem Hause Schott. In den darauf folgenden Jahrzehnten goss das Unternehmen immer größere Spiegelträger für immer lichtstärkere Teleskope. Erst aus Kronglas, später aus Gläsern, die eine geringere Wärmeausdehnung hatten und deshalb für konstantere Abbildungseigenschaften sorgten. Anfang der 1970er Jahre entwickelte Schott schließlich für die Teleskope des Calar-Alto-Observatoriums das Material Zerodur, dessen Größe sich auch bei starken Temperaturschwankungen nur minimal ändert.

Helmut Olyschläger, Leiter des Geschäftssegments Optical Materials bei Schott, veranschaulicht das so: »Die Stahlschienen einer zehn Kilometer langen Eisenbahnverbindung werden etwa zwei Meter länger, wenn die Temperatur um zwanzig Grad Celsius steigt. Ein ebenso langes Stück Zerodur dehnt sich nur um einen Zentimeter aus.«

Ein Teleskopspiegel, der auf dieser Glaskeramik aufgebracht ist, hat deshalb bei allen Temperaturen praktisch die gleichen Abbildungseigenschaften. Die mit einem Durchmesser von 8,20 Metern größten monolithischen Spiegelträger aus diesem Material fertigte das Unternehmen für die Teleskope des Very Large Telescope (VLT) der Eso aufdem Cerro Paranal in Chile (siehe AH 12/2006, S. 36).

Doch Zerodur bietet sich auch für viele andere Anwendungen an. So setzt man es für optische Elemente in der Lithografie oder für mechanische Präzisionsbauteile ein. Und auch in so manch heimischer Küche hat der Werkstoff mit seinen besonderen Eigenschaften Einzug gehalten: Cerankochfelder dehnen sich bei Hitze kaum aus. Dadurch zerspringen sie nicht, wenn nur einzelne Bereiche erhitzt werden.

Ein idealer Werkstoff

Zerodur besteht zu mehr als siebzig Prozent aus nanometergroßen Kristallen, der Rest ist Glas. Die Kristalle ziehen sich bei einer Erwärmung zusammen, das Glas dehnt sich hingegen aus. Auf Grund des abgestimmten Mischverhältnisses ist der thermische Ausdehnungskoeffizient der Glaskeramik ist insgesamt nahezu null.

Die Kristalle entstehen erst durch die Keramisierung des Glases, nachdem die Schmelze auf Raumtemperatur abgekühlt ist. Der künftige Spiegelträger wird dazu noch einmal ganz langsam auf 800 Grad Celsius erhitzt und dann kontrolliert abgekühlt. Dabei bilden sich im Innern des Glases Keime, auf denen winzige Kristalle wachsen. Das Ergebnis des rund ein Jahr dauernden Prozesses ist ein sehr homogenes Material. Auch bei großen Stücken mit Abmessungen von mehreren Metern weist es kaum messbare Schwankungen der thermischen und mechanischen Eigenschaften auf. Zudem verfügt die Glaskeramik über eine porenfreie Oberfläche. Ein weiterer Vorteil von Zerodur ist, dass seine chemischen Eigenschaften und seine Härte >

Im Schneckentempo kriecht der Tieflader über eine gesperrte Mainzer Hauptverkehrsstraße. Damit die Schmelze nicht hin- und herschwappt, gleicht eine Hydraulik Unebenheiten aus.

> denen von optischen Gläsern ähneln, sodass es sich mit den gleichen Maschinen und Werkzeugen bearbeiten lässt.

Beeindruckend ist auch seine chemische Stabilität: Mit Ausnahme von Flusssäure hinterlassen Säuren, Laugen, Salze und Farblösungen keine bleibenden Spuren. Die Beständigkeit der Glaskeramik ist außergewöhnlich hoch – so lässt sich die Aluminiumbeschichtung eines Spiegelträgers mehrmals entfernen und wieder neu aufbringen, ohne dass sich die optischen Eigenschaften des Spiegels verändern.

Bis die jetzt noch glühende Schmelze einmal diese Attribute besitzt, ist es aber ein weiter Weg. Allein zwei Stunden dauert es, bis die Gussform mit 18 Tonnen zähflüssigem Glas gefüllt ist. Ein riesiger Kran hebt die Form behutsam auf einen großen Tieflader. Meter für Meter rollt das Fahrzeug wenig später aus dem Werksgelände. Die Fahrt geht über eine gesperrte vierspurige Hauptverkehrsstraße in eine andere Halle der Schott-Werke.

Hitzewelle am Kühlofen

Eine Hydraulik gleicht Unebenheiten der Straße aus, damit sich das schmelzflüssige Glas so wenig wie möglich bewegt. Im Schritttempo erreicht der Tieflader die Halle mit dem so genannten Kühlofen, in dem der Rohling kontrolliert abkühlen soll. Nun beginnt der nächste »heiße Teil« der Aktion: das Anheben des Deckels von der Gussform. Das Glas darunter hat immer noch eine Temperatur von etwa 1300 Grad Celsius. Alle empfindlichen Teile der Halle müssen deshalb mit Hitzeschutzfolien bedeckt sein. Als ein großer Kran den Deckel wenige Zentimeter hochhebt, taucht die strahlende Schmelze Menschen und Maschinen in ein orangefarbendes Licht (Foto S. 74). Eine glühende Hitzewelle wallt durch den Raum.

Nach diesem Spektakel hat der Hightech-Werkstoff eine ruhigere Zeit vor sich. Im Kühlofen darf er nun mehrere Monate auskühlen. Weil die Glasmasse Wärme sehr schlecht leitet, muten ihr die Techniker beim Erkalten nicht mehr als ein Grad Celsius pro Stunde zu. Andernfalls könnten Temperaturunterschiede zwischen dem Randbereich und dem Materialinnern mechanische Spannungen verursachen und die mächtige Scheibe würde im schlimmsten Fall zerspringen.

Ist der Rohling endlich ausgehärtet, folgt nach einem ersten Schliff die Keramisierung des Glases. Anschließend wird der Spiegelträger bei Schott fertig gestellt und von einer Spezialfirma aufwändig poliert und verspiegelt, das heißt mit einer hauchdünnen Aluminiumschicht versehen. Vom Guss bis zur Auslieferung sind dann etwa zwanzig Monate vergangen.

Der Empfänger des mehrere Millionen Euro teuren Werkstücks ist voraussichtlich ein Observatorium in den Vereinigten Staaten. Läuft alles nach Plan, werden bei Schott in den nächsten Jahren acht weitere Vier-Meter-Spiegel hergestellt. Und wenn diese dann in kühlen Sternnächten schärfste Bilder des Nachthimmels liefern, denkt niemand mehr daran, welch »heiße Vergangenheit« sie hinter sich haben. <<

Bernhard Gerl ist Diplomphysiker und arbeitet in Mainz als freier Lektor, Journalist und Buchautor.

Sonja und Lunic entdecken den Planeten Merkur am Abendhimmel.

ALLE ILLUSTRATIONEN DIESES ARTIKELS: AH, EMDE-GRAFIK

Auf zum Merkur

›› Cecilia Scorza de Appl

»Lunic, von den vier Gesteinsplaneten des Sonnensystems haben wir Mars und Venus schon besucht und viel über sie erfahren. Lass uns doch jetzt mal den innersten, Merkur, ins Visier nehmen. Obwohl er der kleinste Planet ist, bin ich mir trotzdem sicher, dass er uns einiges Interessante zu bieten hat.

»Ja, Sonja! Ich habe in der Vergangenheit mehrmals versucht, Merkur am Abend- oder Morgenhimmel zu entdecken, was gar nicht so einfach ist, da er immer sehr nahe an der Sonne steht. Von der Erde aus gesehen steht er manchmal hinter, manchmal vor ihr und wird daher entweder verdeckt oder überblendet. Nur wenn er sich weit genug rechts oder links von ihr befindet, kann man ihn kurz vor Sonnenaufgang oder kurz nach Sonnenuntergang knapp über dem Horizont beobachten.«

»Braucht man denn ein Fernglas, um Merkur zu sehen, Lunic?«

»Nein, Sonja, Merkur war schon den Menschen im Altertum bekannt. Man kann ihn also mit bloßem Auge entdecken! Ab Ende Januar sehen wir ihn abends kurz nach Sonnenuntergang am südwestlichen Horizont rechts unterhalb der sehr viel helleren Venus.«

»Ich bin dabei! Aber weißt du denn auch, woher der Name Merkur überhaupt kommt?«

»Klar, Sonja, in den Erzählungen der römischen Antike war Merkur der Gott des Handels, der Reisenden und der Diebe und damit das römische Gegenstück

zum griechischen Götterboten Hermes. Dieser bewegte sich dauernd zwischen Himmel und Erde hin und her, weil er den Menschen die Botschaften der Götter überbringen musste. Der flinke Planet erhielt daher wahrscheinlich seinen Namen, weil auch er immer schnell zwischen Abend- und Morgenhimmel wechselt.«

»Wie lange dauert denn ein Umlauf des Merkurs um die Sonne, Lunic?«

»Er braucht gerade mal 88 Tage dafür, denn er ist der Sonne dreimal näher als die Erde. Und weil Merkur sich um eine Achse dreht, die fast senkrecht auf seiner Umlaufbahn steht, gibt es auf ihm auch keine Jahreszeiten. Nur Planeten, die wie die Erde oder der Mars schräg im Weltall vor sich hin kreiseln, haben Jahreszeiten.«

»Ich nehme an, dass es nicht möglich ist, Menschen zum Merkur zu schicken. So nah an der Sonne könnte es dort sehr gefährlich sein.«

»Ja, Sonja, und nicht nur das: Weil er nur eine ganz, ganz dünne Atmosphäre besitzt, verteilt sich die Wärme auf seiner Oberfläche nicht gleichmäßig, sondern wird sofort wieder ins Weltall abgestrahlt.«

»Ich will gar nicht wissen, Lunic, wie kalt es dort nachts wird … bestimmt unter null Grad!«

»Noch viel kälter! Auf dem Merkur wurden auf der der Sonne zugewandten Seite schon Temperaturen von 470 Grad Celsius und auf der Schattenseite fast minus 180 Grad Celsius gemessen.«

»Huh, das ist ja ein lebensfeindlicher Planet! Ich möchte auf keinen Fall auf der Tag-Nacht-Grenze von Merkur stehen! Auf einer Seite wird man wie ein Würstchen durchgebraten, auf der anderen sofort erfrieren. Einfach schrecklich, diese Vorstellung! Da mussten die Wissenschaftler, wie auf die Venus, seinen Nachbarplaneten, bestimmt Robotersonden hinschicken, um herauszufinden, wie es dort aussieht.«

»Ja, Sonja, das haben die Amerikaner gemacht. >Mariner 10< war vier Jahre unterwegs und näherte sich dem innersten Planeten im März 1975 bis auf 327 Kilometer. Auf den Bildern, die die Raumsonde zur Erde funkte, sieht man eine von Kratern übersäte Oberfläche aus rauem, porösem und dunklem Gestein.«

»Und bestimmt haben die Menschen gedacht, es handelt sich um neue Bilder vom Mond. Merkur ähnelt unserem Trabanten nämlich sehr stark. Und bestimmt sind dort früher – wie auch auf dem Mond – viele Meteoriten eingeschlagen, die nicht verglühen konnten, weil der Planet so gut wie keine Atmosphäre hat.

Was haben wir es auf der Erde doch gut, Lunic! Unsere Atmosphäre wirkt wie ein Schutzschild, zumindest gegenüber kleinen Meteoriten. Was haben die Raumsonden sonst über Merkur herausgefunden?«

»Es gibt noch viele ungelöste Rätsel auf Merkur, Sonja! Wie >Caloris Planitia< zum Beispiel, ein riesiges, kreisförmiges, aber ziemlich flaches Becken. Vermutlich entstand es durch den Einschlag eines über hundert Kilometer großen Meteoriten. Der Zusammenstoß dieses Brockens mit Merkur muss so heftig gewesen sein, dass durch die Erschütterungen um den Ort des Einschlags herum mehrere kreisförmige Ringwälle aufgeworfen wurden und aus dem Innern des Planeten sogar Lava austrat.

Die amerikanische Weltraumagentur Nasa hat im August 2004 die Raumsonde >Messenger< auf den Weg zum Merkur gebracht, um herauszufinden, was die Ursache für seine dünne Atmosphäre ist. Weil er diese immer wieder verliert, vermuten die Forscher, dass sie aus Sonnenwindteilchen besteht.«

»Was sind denn Sonnenwindteilchen, Lunic?«

»Nun, Sonja, die Sonne strahlt nicht nur das Licht aus, das wir mit unseren Augen sehen, sondern auch >

ANTÓNIO CIDADÃO

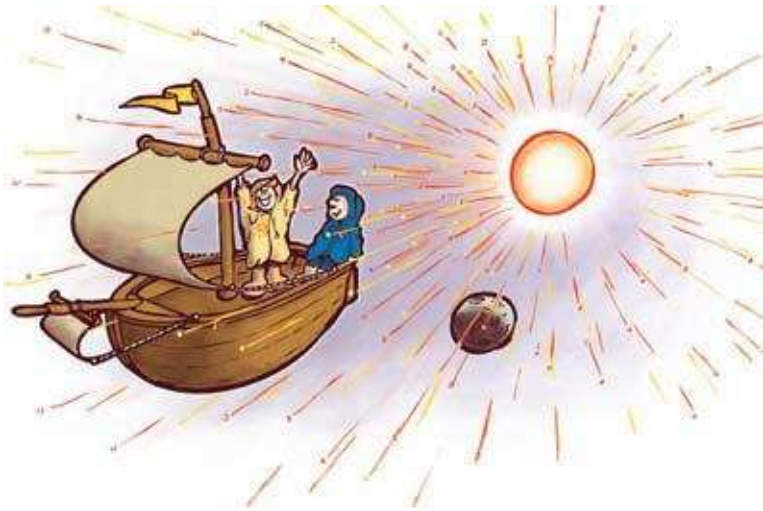
NASA

Brüder Die Oberflächen von Mond (links) und Merkur (rechts) sind sich sehr ähnlich.

> Abermilliarden anderer, unsichtbarer Partikel. Diesen Teilchenstrom nennen die Wissenschaftler Sonnenwind, da er – genau wie der Wind auf der Erde – recht böig wehen kann. Treffen die Sonnenwindteilchen im Vakuum des Alls auf ein großes Segel, so ist der Druck der zahllosen Teilchen groß genug, um das Segel voranzutreiben. Die Schwerkraft des Merkurs fängt diese Teilchen zunächst ein und zieht sie auf seine Oberfläche hinab.«

»Da seine Anziehungskraft aber viel kleiner als ist die von Venus oder Erde, verliert er sie gleich wieder ans Weltall?«

»Ja, so ist es, Sonja: Merkur ist ein Planet, der ständig seine komplette Atmosphäre erneuert.« <<



Auf großer Fahrt Sonja und Lunic nutzen die Sonnenwindteilchen für einen Segeltörn durch's Planetensystem.

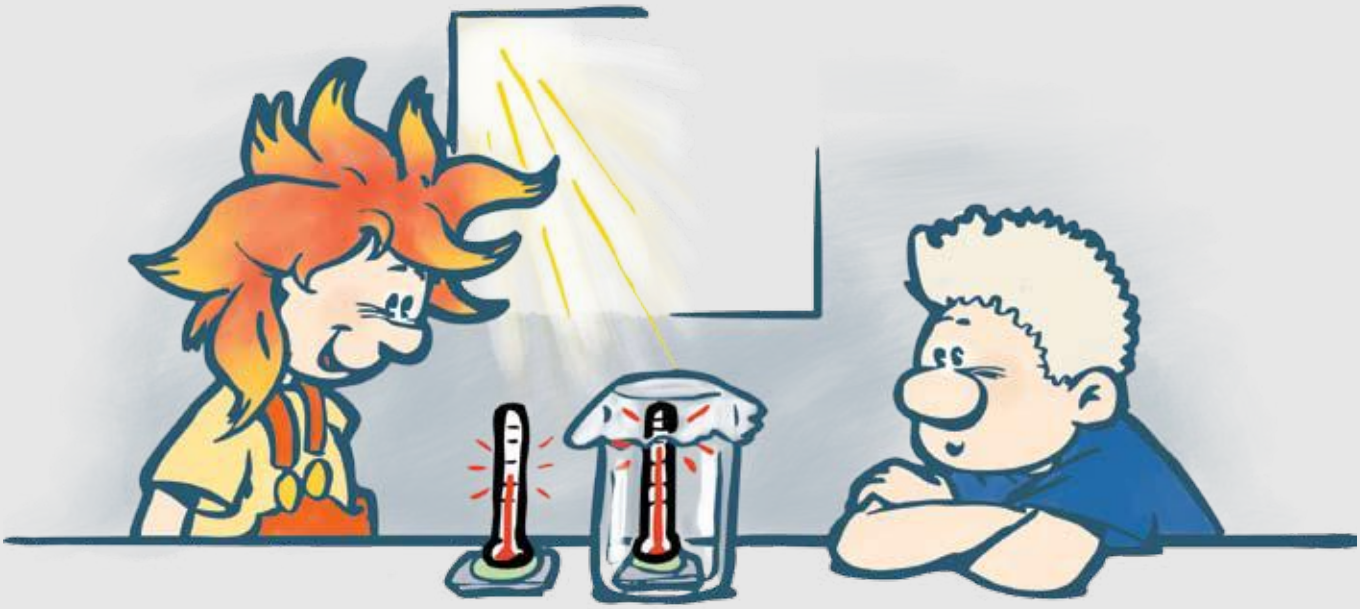
Merkurlabor: was eine Atmosphäre bewirkt

Ihr braucht:

- zwei Thermometer
- Pappe
- Knetmasse
- Klarsichtfolie
- Glas

Und so wird es gemacht:

Befestigt zwei Thermometer mit Knetmasse auf zwei Stückchen Pappe und stellt eines davon in ein mit Klarsichtfolie bedecktes Glas. Dann lasst die Sonne darauf scheinen. Messt die Temperatur am Anfang und nach einer Stunde. Im Glas mit der Folie steigt das Thermometer höher, weil das Gas unter der Folie die Sonnenwärme speichert. Das Gleiche passiert in der Atmosphäre der Erde: Die Sonnenenergie wird festgehalten und verteilt. Der Merkur entspricht dem Thermometer ohne Gashülle: Die auf seine Oberfläche fallende Strahlung wird sofort wieder in die Umgebung abgegeben.



Die Atmosphären von Merkur und Erde – einfach selbst gemacht

1

2

Ein Filter für die Canon

Die Canon EOS 300D kann leicht zu einer preisgünstigen Alternative zu großformatigen CCD-Kameras umgebaut werden.

>> Martin Wagner

Digitalkameras liefern häufig deutlich bessere Astrofotos als solche mit (Dia-)Film, da ihre Sensoren wesentlich empfindlicher sind. Am professionellsten ist es, spezielle, gekühlte CCD-Kameras einzusetzen, die kaum Bildrauschen zeigen. Allerdings liefern sie oft nur Schwarz-Weiß-Bilder. Erst der Einsatz von Filtern und die Kombination von drei Aufnahmen ergeben Farbfotos. Der größte Nachteil ist aber der kleine Detektor (CCD-Chip), der im Vergleich zum Dia nur einen winzigen Bildausschnitt zeigt.

Obwohl ich schon seit Jahren mit so einer Kamera gute Ergebnisse erziele, wünschte ich mir ein Gerät mit einem größeren Chip. Damit ist es nämlich möglich, auch ausgedehnte Objekte wie die Andromeda-Galaxie (M31), den Orionnebel (M42) oder die Region um Alnitak mit dem Flammennebel (NGC2024, unterhalb von Alnitak) und dem Pferdekopfnebel (B33) vollständig aufzunehmen.

Diesen Traum habe ich mir mit einer Canon EOS 300D erfüllt. Der Detektor dieser digitalen Spiegelreflexkamera ist nur wenig kleiner als ein Dia und liefert farbige Bilder. Ohne Kühlung rauschen lang belichtete Aufnahmen jedoch. Der helle Orionnebel ist ein dankbares Ziel für solche Kameras, bei lichtschwächeren Zielen können sie allerdings nicht überzeugen: Der Infrarot-Sperr- und Anti-Aliasing-Filter von Canon, der tagsüber unsichtbare Strahlung herausfiltert und so erst scharfe Bilder ermöglicht, blockt das tiefrote H-Alpha-Licht zu stark.

Es gibt viel zu sehen!

Wenn man die Canon EOS 300D oder die 350D jedoch umbaut, indem man einen Baader-H-Alpha-Korrekturfilter anstatt des eingebauten Originals einsetzt, dann gleicht das einer Revolution. Nicht nur Gasnebel kommen damit prächtig heraus, auch Galaxien und Sternhaufen bekommen echtere Farben.

Bei den Plejaden kommen die blauen Nebelfilamente sehr gut zur Geltung, auch wenn die 1300 Millimeter Brennweite meines Zehn-Zoll-Newtons in Verbindung mit einer EOS 300D nicht optimal sind. Der Detektor dieser Kamera hat trotz einer Auflösung von 6,3 Megapixeln (3072 × 2048 Pixel) nicht das volle Kleinbildformat von 24 × 36 Millimetern, was zu einer scheinbaren Brennweitenverlängerung um das 1,6-Fache führt. Daher sollten die Plejaden mit dieser Kamera eher mit einem Meter Brennweite aufgenommen werden. Die höhere Vergrößerung ist jedoch bei kleineren Objekten von Vorteil.

Was kostet das Ganze? Die EOS 300D gibt es nur noch gebraucht, das reine Gehäuse kann mit oder ohne Restgarantie 450 bis 650 Euro kosten. Die EOS 350D ist rauschärmer, hat mehr Pixel (aber keine größere Chipfläche!) und ist somit besser als die 300D. Das Kameragehäuse allein kostet neu zwischen 550 und 800 Euro.

Die Enthüllung des Pferdekopfs Bild 1 entstand mit einer unmodifizierten Canon EOS 300D und zeigt auch nach dem Farbausgleich (2) kaum Details. Bild 3 entstand nach dem Tausch des Infrarot-Sperrfilters, nach dem Farbausgleich wirkt es schon beeindruckend (4). Die Kombination mehrerer Aufnahmen bringt die Strukturen deutlicher zum Vorschein (5).

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: MARTIN WAGNER

Ich habe den rechteckigen Baader-DSLR-H-Alpha-Korrekturfilter gekauft. Er passt exakt in die EOS 300D sowie in die EOS 350D, notfalls auch in die 10D und 30D (hier benötigen Sie eine Silikonabdichtung), aber in keine anderen Kameras. Da die Firma Baader-Planetarium zurzeit ein Nachfolgemodell entwickelt, ist er gerade nicht erhältlich. Ein Austausch ist für versierte Bastler sicherlich kein Problem. Sicherheitshalber habe ich ihn aber für weitere 75 Euro von einem Fachhändler durchführen lassen. Der Profi wies mich jedoch darauf hin, dass dabei der Sensor zerstört werden könnte. Der Umbau kann durchaus teurer werden, je nachdem, wer es macht.

Die modifizierte Kamera bietet ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Sie kann sicherlich nicht ganz mit speziellen CCD-Kameras mithalten, ist aber laut Firma Baader deutlich besser als die Canon 20Da. Für weit unter 1000 Euro erhalten Sie ein fantastisches Werkzeug!

Voraussetzung ist natürlich eine gute parallaktische Montierung Ihres Teleskops, damit die Sterne nicht zu Strichen verzogen werden. Davon hängt auch die Belichtungszeit ab: Die Kamera kann ohne Fernauslöser höchstens dreißig Sekunden belichten. Da ich keinen Autoguider habe und auch nicht über das Leitrohr nachführe, mache ich immer automatische Dreißig-Sekunden-Bilder mit 1600 Asa, behalte die guten (bei mir etwas mehr als die Hälfte) und lösche den Rest. Bei M 42 kann man so mit zwanzig Aufnahmen tolle Ergebnisse erzielen, für M 8 sind eher vierzig bis sechzig nötig, und für den Pferdekopfnebel sollten es schon über hundert sein. Ich benutze für die Bildaddition MSB Astro Art 3.0. Die aktuelle Version 4.0 kostet 170 Euro.

Wenn möglich, sollten Sie länger als nur eine halbe Minute belichten. Allgemein wird empfohlen, besser zehnmal 300 Sekunden als hundertmal 30 Sekunden lang zu belichten, um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern. Erst bei wesentlich mehr als fünf Minuten stören das Rauschen der Kamera und die Helligkeit des Himmels zu sehr.

Kampf dem Rauschen

Da ich mangels Ausrüstung keine lang belichteten Fotos machen kann, gleiche ich das durch mehr Bilder aus. Der Vorteil: Kurze Aufnahmezeiten sind weniger empfindlich gegenüber Windstößen, und Satelliten oder Flugzeuge, die ein Fünf-Minuten-Bild verunstalten würden, haben kaum eine Chance aufs Bild zu kommen. >

> Die Canon EOS 300D bietet mehrere Alternativen für die Bildgröße. Es gibt JPEG-Bilder mit 3072 × 2048 (volle Chipausnutzung) und zwei kleinere Formate, jeweils unkomprimiert oder komprimiert. Zusätzlich gibt es das Raw-Format. Dieses speichert JPEG-Dateien mit zwölf statt acht Bit Farbtiefe und hat somit eine höhere Dynamik. Dadurch kommen auch die schwächeren Randpartien von Gasnebeln besser heraus. Obwohl es nur 2048 × 1360 Pixel ausliest, sind die Dateien rund sechs Megabyte groß, was bei der Addition von vielen Bildern problematisch werden kann. Bei wenigen, lang belichteten Aufnahmen sollten Sie es auf jeden Fall benutzen.

Angesichts dieser Datenmengen wird der Computer zum Flaschenhals. Mit 256 Megabyte Arbeitsspeicher addierte Astro Art 3.0 bei Dateien in mittlerer JPEG-Größe automatisch alle paar Sekunden ein Bild. Bei voller Auflösung benötigte mein Rechner pro Aufnahme schon rund zwei Minuten – erst nachdem ich den Arbeitsspeicher verdoppelte, ging es auch hier in wenigen Sekunden!

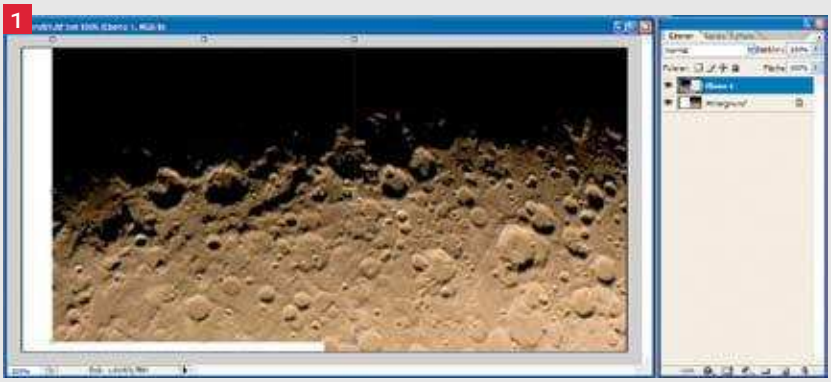
Meine Bilder speichere ich alle im komprimierten JPEG-Format ab. Da ich von ihnen Abzüge machen lasse, benutze ich die volle JPEG-Auflösung. Als Faustregel kann man sagen: 3000 × 2000 Pixel reichen für Fotos mit 30 × 45 Zentimeter Kantenlänge, für das Format 20 × 30 Zentimeter genügen 2000 × 1333 Pixel.

Übrigens: Sie können die umgebaute Canon auch noch für normale Fotos verwenden, wenn Sie den leichten Rotstich im Bildbearbeitungsprogramm korrigieren oder einen Weißabgleich für 2800 Kelvin plus Nachkorrektur machen. <<

Martin Wagner nutzt jede Gelegenheit, um auf der Schwäbischen Alb Nebel zu jagen.

Zarte Strukturen wie die Reflexionsnebel um die Plejadensterne werden nach dem Umbau der Kamera noch deutlicher sichtbar. Ganz besonders positiv schlägt er sich in den Aufnahmen von Emissionsnebeln nieder.

Mit Ebenen zu besseren Bildern



In der Dezemberausgabe habe ich beschrieben, wie Sie in Photoshop mit mehreren Ebenen arbeiten können. Heute möchte ich zwei praktische Anwendungsbeispiele dafür aufzeigen.

Zuerst wollen wir mehrere kleine Bilder zu einem Mosaik zusammensetzen (Abbildung 1). Angenommen, Sie haben den Mond fotografiert, dabei aber nur Details abgelichtet. Wenn sich Ihre Aufnahmen überschneiden, können Sie diese in Photoshop zusammensetzen. Dazu öffnen Sie das erste Foto und wählen den Befehl »Bild/Arbeitsfläche« (Abbildung 2). Damit schaffen Sie Platz, um das zweite unterzubringen. Um dieses links neben dem ursprünglichen zu platzieren, klicken Sie auf den schwarzen Pfeil, der nach rechts zeigt, und wählen Sie als Breite »200%«. Danach haben Sie doppelt so viel Platz zur Verfügung. Nun öffnen Sie das zweite Foto und klicken mit der rechten Maustaste auf die Ebene mit den Namen »Hintergrund«. Im erscheinenden Kontextmenü klicken Sie auf »Ebene duplizieren…« und wählen als Ziel die zuvor vorbereitete Datei aus.

Noch einfacher geht es mit drag and drop, indem Sie die Ebene mit gedrückter Maustaste einfach in das andere Fenster ziehen. Das Ergebnis ist in beiden Fällen eine Datei mit nunmehr zwei Ebenen. Die obere können Sie anschließend verschieben, bis sie sich nahtlos an die untere anschließt (Abbildung 1). Wenn alles stimmt, sollte die Nahtstelle nicht mehr zu sehen sein. Dann können Sie mit dem Befehl »Ebene/Auf Hintergrundebene reduzieren« die beiden miteinander verschmelzen. Äußerst hilfreich ist es, wenn Sie alle Aufnahmen für ein Mosaik mit einer manuell eingestellten Kombination aus Belichtung und Weißlichtabgleich erstellen. Mit etwas Geduld können Sie so aus zahlreichen Einzelaufnahmen einer Webcam hoch aufgelöste Gesamtaufnahmen des Monds zusammensetzen.

Eine andere interessante Anwendung ist das Entfernen von Bildfehlern. Bei genauem Hinsehen leiden viele digitale Aufnahmen unter Störungen. Das können einzelne weiße, schwarze oder einfarbige Pixel sein oder auch eine fehlerhafte Pixelgruppe. Zwar gibt es in Photoshop den Befehl »Filter/Störungsfilter/Staub und Kratzer«, der solche Probleme beheben kann, doch wirkt danach meist das ganze Bild ein wenig unscharf. Mit ein bisschen mehr Aufwand können Sie ein besseres Ergebnis erzielen: Duplizieren Sie die Ebene eines betroffenen Bildes. Blenden Sie die obere aus und markieren Sie die untere, so wie in der letzten Folge (AH 12/2006. S. 74) erläutert. Auf die untere Ebene wenden Sie nun den Befehl »Filter/Störungsfilter/Staub und Kratzer« mit folgenden Parametern an: Radius: 1 Pixel, Schwellenwert: 50 Stufen (Abbildung 3). Damit sind die Störungen entfernt, doch auch kleine, schwächere Sterne wurden in Mitleidenschaft gezogen.

Nun blenden Sie die obere Ebene wieder ein und aktivieren sie zur Bearbeitung. Die Störungen sind jetzt wieder sichtbar. Wählen Sie das Radiergummi-Tool (Taste »e«) und stellen Sie als Hauptdurchmesser acht Pixel und als Kantenschärfe »0%« ein. Die Deckkraft sollte 100% betragen. Nun können Sie auf die einzelnen Pixelstörungen klicken. Damit radieren Sie sozusagen Löcher in die obere Ebene hinein, durch die die untere sichtbar wird. Fehlerfreie Bildbereiche bleiben somit völlig unbehelligt. Wenn alle Störungen wegradiert sind, verbinden Sie die Ebenen wieder wie oben beschrieben. <<

Tricks mit doppeltem Boden In Photoshop können Sie leicht Mosaike erstellen (1). Den Platz dafür schaffen Sie über den Befehl »Bild/Arbeitsfläche« (2). Auch Bildstörungen können Sie mit der Ebenenfunktion professionell beseitigen (3).

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de

Stefan Seip

Lange Nächte

Dunkle, kalte Winternächte bieten optimale Bedingungen für die Astrofotografie. Zur Inspiration zeigen wir hier wieder eine kleine Auswahl der Leserfotos, die uns am meisten beeindruckt haben.

Junge Sterne
NGC 884 ist einer der beiden Sternansammlungen, die den Doppelhaufen h & Chi Persei bilden. Diese Detailaufnahme entstand in Griechenland bei sehr ruhiger Luft mit einem 160/1200-Millimeter-Apochromaten.
>> Anthony Ayiomamitis

Himmelwärts

Eiskristalle in der Erdatmosphäre verursachen diese Lichtsäule. Sie erhebt sich über der Sonne, die gerade hinter den Bergen des nordnorwegischen Solbergfjords untergegangen ist.

>> Manfred Bruer

Perfekter Himmel ...

... über Brandenburg war die Voraussetzung für diese faszinierende, nur drei Minuten mit einer Canon EOS 350D bei 400 Asa belichtete Aufnahme der Sommermilchstraße.

>> Verena Tießen und Thomas Becker

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Schweifstern

17 Bilder durch einen Scopos TL 805 mit 560 Millimeter Brennweite flossen ein in diese Aufnahme des Kometen C/2006 M4 (Swan), die am 27. Oktober 2006 entstand.

>> Martin Dietzen

Tief im Orion

Insgesamt über eineinhalb Stunden Belichtungszeit stecken in den zwölf Bildern, die gemeinsam ein beeindruckendes Porträt des Pferdekopfnebels ergeben. **>> Rochus Hess**

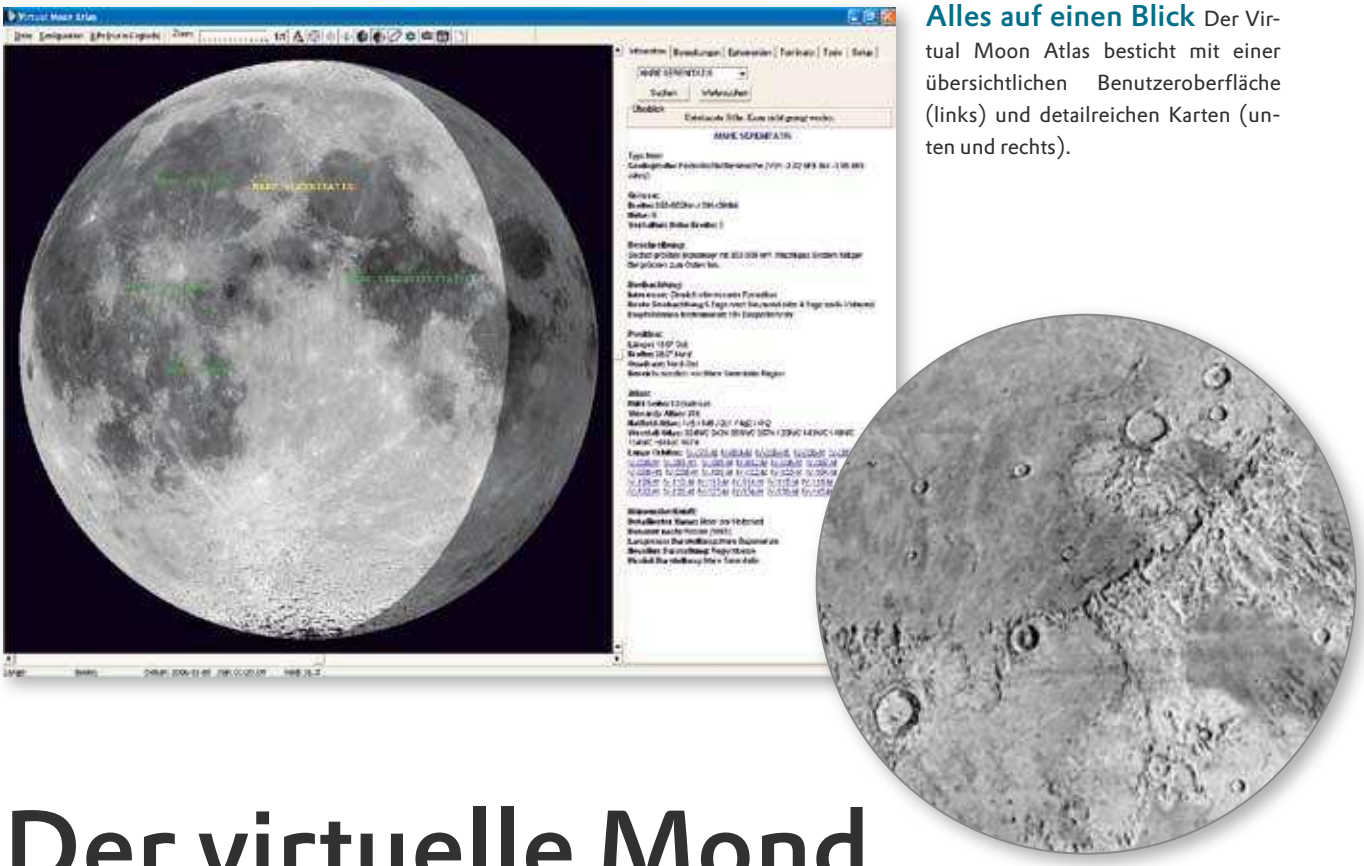
Kosmisches Karussell

Strichspuraufnahmen verdeutlichen sehr schön die Drehung der Erde um ihre Achse. Bereits wenige Minuten Belichtungszeit genügen, um die Sterne in konzentrischen Bögen rund um den Pol kreisen zu lassen.

>> Patrick Rosyk

Leichte Beute

Unser Mond ist immer ein dankbares Ziel. Hier wurde einfach eine Canon Ixus ohne spezielle Adapter hinter das 25-Millimeter-Okular eines Meade ETX-125 gehalten – das Ergebnis ist absolut scharf. **>> Claude Boncher**



Alles auf einen Blick Der Virtual Moon Atlas besticht mit einer übersichtlichen Benutzeroberfläche (links) und detailreichen Karten (unten und rechts).

Der virtuelle Mond

Wer den Erdtrabanten erforschen will, braucht eine gute Karte. Der Virtual Moon Atlas bietet alles Nötige. **>> Peter Strub**

Zugegeben: Ich lasse zwar am Teleskop immer wieder gerne meinen Blick über die reliefreich strukturierte Oberfläche des Monds schweifen, aber abgesehen von den auffälligsten Meeren kann ich kaum eine Formation beim Namen nennen. Sollte ich da meinen Kenntnissen nicht ein kleines Update verpassen? Vielleicht bin ich aus genau diesem Grund auf das Programm »Virtual Moon Atlas« (kurz: VMA) von Christian Legrand und Patrick Chavalley aufmerksam geworden. Es ist kostenlos im Internet erhältlich, und wer will, kann auch selbst an der Entwicklung mitwirken.

Auf den ersten Blick handelt es sich dabei genau um das, was der Name verspricht: die digitale Version eines Mondatlasses. Man stellt aber recht schnell fest, dass er seinem gedruckten Gegenstück so manches voraushat.

Wie gut Sie die Vorzüge des Programms nutzen können, hängt natürlich von der verfügbaren Hardware ab. Um den unterschiedlichen technischen Möglichkeiten gerecht zu werden, steht der VMA mittlerweile in den vier Versionen Light, Basic, Expert und Pro zur Verfügung, die sich vor allem im Umfang und in der Auflösung des Datenmaterials unterscheiden sowie durch den Verzicht auf die rechenintensive 3-D-Darstellung in der Light-Variante. Das wirkt sich natürlich auf die Größe des Downloads aus. Während man bis zur Expert-Stufe mit unter 15 Megabyte dabei ist, schlägt die alle Erweiterungen umfassende Pro-Version mit satten 500 Megabyte zu Buche.

Massenweise Daten

Wer einen DSL-Anschluss besitzt, sollte hier nicht knausern und gleich das große Paket herunterladen. Alternativ kann man bei den kleineren auch einzelne Erweiterungen nachinstallieren. Gegenüber der Pro-Version muss man dann aber auf ein paar Funktionen verzichten. Daher konzentriere ich mich in diesem Test auf VMA Pro in der gerade neu veröffentlichten Version 3.5 mit den deutschen Sprachdateien. Diese stammen zwar noch vom Vorgänger, funktionieren aber einwandfrei.

Den größten Teil des Programmfensters nimmt erwartungsgemäß die Darstellung des Monds ein. Er erscheint genau so, wie er gegenwärtig am Himmel zu sehen ist – also mit korrekt wiedergegebener Phase und Neigung. Rechts daneben können Sie die wichtigsten Informationen und Einstellungen in Form von Karteikarten abrufen, und am oberen Rand finden Sie eine kombinierte Menü- und Symbolleiste.

Natürlich lädt die Karte gleich zum Ausprobieren ein. Dabei erklärt sich die Bedienung praktisch von selbst: Mit einem einfachen Klick wählen Sie die Formation aus, die sich gerade unter dem Cursor befindet. Indem Sie die

Maustaste gedrückt halten, können Sie den sichtbaren Bildausschnitt verschieben; mit einem Dreh am Mausrad lässt sich der Kartenmaßstab zoomen. Wählen Sie die Option »Voller Globus« aus, um die Darstellung zu drehen und aus allen Richtungen zu betrachten.

Wie lässt sich nun mit dem VMA eine Beobachtung planen, begleiten und nachbereiten? Zuerst sollten Sie natürlich Ihren Standort und den gewünschten Zeitpunkt einstellen. Sofort erscheinen alle wichtigen Angaben wie Auf- und Untergang, Phase oder Höhe über dem Horizont. Auch die Termine für Voll-, Halb- und Neumond werden angezeigt.

Am reizvollsten ist bekanntermaßen immer die Beobachtung der Terminatorregion, also des Grenzbereichs zwischen beleuchteter und dunkler Seite. Da hier das Sonnenlicht in einem flachen Winkel auf die Oberfläche fällt, werfen Gebirge und Krater sehr lange Schatten und lassen so das Höhenrelief besonders plastisch zu Tage treten. Ein guter Ausgangspunkt ist daher die Liste der Formationen in der Nähe des Terminators, die der VMA sortieren kann, je nachdem wie interessant sie für die Beobachtung sind. Mit einem Klick in die Liste wird die jeweilige Region auf dem Bildschirm zentriert und hervorgehoben.

Tipps für die Praxis

Die Karteikarte »Information« bietet so ziemlich alles Wissenswerte über die gerade ausgewählte Oberflächenformation. Hier haben die Autoren mit viel Liebe zum Detail nicht nur Angaben zu Breite, Höhe und dem Anblick im Teleskop zusammengetragen, sondern auch einen ausführlichen Steckbrief, der das Aussehen beschreibt, sowie die Herkunft des Namens.

Falschfarben Das Programm stellt nicht nur einfache Mondkarten dar, sondern liefert auch wissenschaftliche Informationen. Neben einem Höhenprofil erhalten Sie zum Beispiel eine Vielzahl geologischer Angaben (rechts).

Als Benutzer können Sie die Bildschirmdarstellung so spiegeln und drehen, dass sie genau dem Anblick in Ihrem Fernrohr entspricht. Wenn Sie zudem das Gesichtsfeld des verwendeten Okulars einblenden, ist die Orientierung nahezu perfekt. Mit einem Laptop und einem Go-to-Teleskop übernimmt das Programm auch die Rolle eines Reiseführers. Sie suchen sich einen Krater aus, und der VMA manövriert Ihr Fernrohr automatisch an die richtige Stelle.

Für die Darstellung des Monds haben Sie die Wahl zwischen einer so genannten aerografischen Ansicht, die – wie auch in vielen gedruckten Atlanten – mit Hilfe von Schattierungen das Höhenprofil anschaulich herausarbeitet, und einer fotografischen Ansicht, auf der praktisch keine Schattenwürfe zu sehen sind, dafür aber die Helligkeitsunterschiede der verschiedenen Gesteine deutlich hervortreten. In beiden Fällen kann man als zusätzliche Ebene wissenschaftliche Daten in Form von Farbschattierungen einblenden. Hier stehen unter anderem Höhe, Krustendicke oder Schwankungen im Schwerefeld zur Auswahl.

Ein paar Verbesserungsvorschläge muss ich trotzdem machen. Wenn zum Beispiel eine Formation angewählt ist, werden ihr Name und Mittelpunkt auf der Karte hervorgehoben. Hier fände ich es hilfreich, wenn zusätzlich auch die Umrisse markiert würden. Gerade in kraterreichen Regionen würde so die Zuordnung eindeutiger. Gelegentlich habe ich auch ein Koordinatennetz vermisst. Bei der deutschen Übersetzung der Version 3.0 stören teilweise noch etwas holprige Formulierungen oder englische Texte zu kleineren Oberflächenmerkmalen.

Der VMA setzt die Idee eines virtuellen Atlasses praxistauglich um. Für den Mondbeobachter dürfte er sehr schnell zum unentbehrlichen Werkzeug werden, da fallen auch die paar kleinen Kritikpunkte nicht ins Gewicht. Wen das reizt, der sollte den VMA einfach ausprobieren: Dank geringer Systemanforderungen und kostenloser Verfügbarkeit liegt die Hemmschwelle sehr niedrig.

Kenne ich mich jetzt besser auf dem Mond aus? Vielleicht ein wenig. Nun aber hilft mir der VMA! <<

Peter Strub lässt sich beim Beobachten nicht mehr von Wolken stören.

Literaturtipp:

- Jean Lacroux, Christian Legrand: Der Kosmos Mondführer. Kosmos, 2000

Mehr Informationen zu diesem Buch finden Sie unter www.science-shop.de.

Virtual Moon Atlas

Systemanforderungen
Windows 95 oder besser, 300-MHz-Prozessor, 64 Megabyte RAM, 3-D-Grafikkarte mit mindestens 16 Megabyte VRAM
Für die eingeschränkte Light-Version reicht auch ein deutlich schlechter ausgestatteter Rechner, für den Einsatz höher aufgelöster Oberflächentexturen ist ein leistungsstärkerer Computer empfehlenswert.

Download
www.astrosurf.com/avl/

Was uns gefiel:
- einfache Bedienung
- viele Informationen
- kostenlos

Was uns nicht gefiel:
- unvollständige und etwas holprige deutsche Übersetzung

Mark A. Garlick

Der große Atlas des Universums
Mit Sternkarten von Wil Tirion

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2006
304 Seiten mit zahlreichen Farbabbildungen
ISBN 978-3-440-10553-5
49,90 €

Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Tour durchs All

Groß ist er mit einer Höhe von über dreißig Zentimetern wirklich. Und mehr als 300 Seiten stark. »Der große Atlas des Universums« ist eine Enzyklopädie, die aktuelles Wissen über Astronomie, Raumfahrt und Kosmologie in einem Band zusammenfasst. Ihre Gliederung entspricht einer Tour durch den Kosmos, die auf der Erde startet und den Leser immer weiter ins Universum hinausführt.

Nicht endlose Texte, sondern prägnante, leicht zu verstehende Geschichten, die zudem mit zahlreichen Fotos und exzellenten Grafiken angereichert sind, lassen die Reise zu einem wahren Vergnügungsausflug werden.

Der Atlas gibt Antworten auf fast alle Fragen, etwa, wie die Entfernungen von Sternen gemessen werden, wie Sterne entstehen und wieder vergehen, wie das Weltall entstanden ist, sich entwickelt hat und wie seine Zukunft aussehen könnte. Wer nach der Lektüre den Wunsch verspürt, den Nachthimmel mit eigenen Augen zu erkunden, für den ist das letzte Drittel des Buchs eine wahre Fundgrube. Die dort abgedruckten Sternkarten des Nord- und Südhimmels erlauben es, die einzelnen Sterne und Sternbilder zu allen Zeiten sicher zu identifizieren. Als Zugabe gibt es noch eine CD-ROM mit dem Programm »3-D-Atlas des Universums«, mit dem die Erkundungsreise auch virtuell auf dem PC fortgesetzt werden kann.

Ich persönlich werde das Buch als Nachschlagewerk immer wieder gerne in die Hand nehmen – es macht einfach Freude, darin zu schmökern. Allen, die sich für die Vorgänge im Kosmos interessieren und die mit einem einzigen, umfassenden Werk in die Materie eindringen möchten, kann ich den Atlas ans Herz legen. >> Stefan Seip

Kosmische Hochglanzfotos

Jerry T. Bonnell und Robert J. Nemiroff

Das Weltall – Tag für Tag

Knesebeck Verlag, München 2006
744 Seiten mit 372 farbigen Abbildungen
ISBN 3-89660-374-4
33,– €

Wer in Sachen Astrofotos lieber Bildbände durchblättert, als sich durchs Internet zu klicken, dem könnte »Das Weltall – Tag für Tag« gefallen. Es ist bereits der zweite Band bei Knesebeck, der die oft spektakulären Bilder der bekannten Nasa-Website »Astronomy Picture of the Day« in Buchform präsentiert. Die Aufnahmen stammen größtenteils aus den vergangenen fünf Jahren. In Sternwarten, auf Weltraumteleskopen und an Bord automatischer Raumsonden wurde dafür fleißig auf den Auslöser gedrückt. Besonders vom Mars und Saturnsystem gelangen den Sondenkameras immer wieder beeindruckende Schnappschüsse.

Irdische Observatorien steuerten meist Porträts von Gasnebeln und Galaxien bei. Aber auch Amateure kommen zum Zug, beispielsweise der AH-Lesern wohl bekannte Stefan Seip mit einem Foto von der ringförmigen Sonnenfinsternis 2005.

Die erklärenden Texte, die jedes Bild begleiten, sind zwar recht kurz gehalten, aber der Band will auch keineswegs ein Lehrbuch sein. Vielmehr ist er als informativer Augenschmaus gemeint – und das ist er in der Tat. Einen kostenlosen Eindruck der aktuellen Fotos bekommen Webnutzer unter: http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html.

>> Thorsten Dambeck

Olivier de Goursac

Die Raumfahrt
Für Kinder erzählt

Knesebeck Verlag, München 2006
Aus dem Französischen
77 Seiten, 50 Fotos,
36 farbige Illustrationen
von Pascal Laye
ab 8 Jahren
ISBN 3-89660-367-1
14,95 €

Bettlektüre für Juniorastronauten

Auch gestandene Autoren waren einmal klein: »1970 war ich in eurem Alter, und gerade hatten die ersten Menschen den Mond betreten«, so beginnt Olivier de Goursac sein Buch. Darin erzählt er, wie er als Junge kleine Mondlandefähren bastelte und Schildkröten von imaginären Raumstationen an der Wohnzimmerdecke herabließ. Der Leser sieht den jungen Olivier förmlich vor sich, wie er voller Enthusiasmus in seiner Fantasie das Universum durchreist.

Viele Jungs und Mädchen teilen de Goursacs Kindheitstraum, einmal selbst ins All zu starten. Denn was könnte schöner sein, als die Erde von ganz oben zu betrachten, sie vielleicht sogar vom Mond aus als blaue Murmel am Himmel zu sehen?

In genau diesen Kindheitstraum versetzt sich der Autor wieder hinein, wenn er etwa beschreibt, wie eine Rakete funktioniert oder wie kleine Tüftler eine solche aus einer halb voll mit Wasser gefüllten Plastikflasche selbst basteln können. De Goursac schildert die Geschichte der ersten Raumflüge mit Tieren, die Entwicklung der Spaceshuttles, die Landung auf dem Mond, Arbeit und Leben auf der Internationalen Raumstation ISS. Er beleuchtet dabei vergangene, aktuelle und geplante Missionen zu Venus, Mars, Jupiter und Saturn bis hin zu der im Januar 2006 gestarteten Pluto-Mission New Horizons. Vor allem geht er auf die Vision ein, eines Tages eine bemannte Station auf dem Mond oder dem Mars zu betreiben. Immer wieder erzählt er kuriose Geschichten und Einzelheiten aus dem Alltag von Astronauten, etwa, dass sich ihre Arme außerhalb der Erdatmosphäre beim Schlafen wie von Geisterhand heben, weil eben keine Anziehungskraft wirkt, oder dass Essenshappen in Raumschiffen einfach durch die Gegend fliegen.

Genau dieses Hineinversetzen in die Fragen und das Interesse der Kleinen ist die Stärke dieses Buchs. Kindgerecht und anschaulich erzählt de Goursac seine Geschichten. Eher kurze Texte beschreiben die großen Bilder. Zeichnungen im Comicstil illustrieren, was die Fotos nicht zeigen, und lassen sicher das Herz so mancher Manga-Fans höher schlagen. Einziges Manko: Durch den Versuch, die Raumfahrt aus der Kindperspektive zu schildern, wirken manche Textstellen etwas naiv, zum Beispiel wenn das Problem Weltraumschrott mit dem schlichten Satz abgetan wird, dass kaputte Satelliten ins All geschossen werden und der Autor lakonisch anmerkt: »So einfach ist das.«

Olivier de Goursacs Buch ist eine gute Einführung in das Thema Raumfahrt – unterhaltsam und kurzweilig. Wenn es auch nicht furchtbar in die Tiefe geht, so ist es doch geeignet, bei künftigen Astronauten ein erstes Interesse zu wecken.

>>Stephanie Hügler

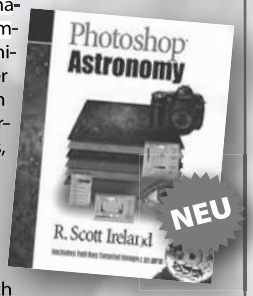
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59,90

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39,90

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65,00

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

Wissen aus erster Hand

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie online schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/info

TV-PROGRAMM

Dienstag, 19. Dezember

Wissen und mehr
Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik (5/13): Galileo Galilei – die Erforschung der Milchstraße
Die Sendereihe stellt herausragende Leistungen und Erfindungen in informativer und unterhaltsamer Form vor. Im Mittelpunkt jeder Folge stehen ein einzelnes »Meisterwerk«, seine Geschichte und die Anekdoten, die sich um die jeweilige Entdeckung ranken
hessen fernsehen, 12.00 Uhr

Dienstag, 26. Dezember

Columbia – Count-down einer Katastrophe
Am 1. Februar 2003 bereiten sich die sieben Astronauten der Raumfähre Columbia auf den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre vor. Mit 22-facher Schallgeschwindigkeit fliegt der Spaceshuttle in Richtung Cape Canaveral. Kurz darauf die Katastrophe: Gegen 9.00 Uhr Ortszeit bricht die Columbia in rund sechzig Kilometer Höhe über Texas auseinander
N24, 6.05 Uhr
Wdh. um 17.05 Uhr

Wettlauf zum Mond (1/4)
Die Reihe schildert mit vielen Spielszenen den Wettlauf der Supermächte in der bemannten Raumfahrt. Sie beginnt am Ende des Zweiten Weltkriegs mit der V2-Rakete und den Arbeiten Wernher von Brauns in Peenemünde und führt bis zu den Mondlandungen im Jahr 1969
arte, 14.00 Uhr
Der Aufbruch ins All: 26.12.
Der Sputnik-Schock: 27.12.
Der erste Mensch im All: 28.12.
Die Apollo-Mission: 29.12.

Donnerstag, 28. Dezember

Jenseits des Blauen Planeten – Weltraumfahrer berichten
In der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts werden sich Menschen auf die lange Reise zum Mars machen. Fünf Astronauten erklären, was dieses Abenteuer genau bedeutet: vom Training bis zu den Überlegungen darüber, was für eine einzigartige Erfahrung es ist, in 400 Kilometer Entfernung von der Erde zu leben. Obwohl sie nicht selbst bis zum Mars fliegen werden, sind sie über alles bestens informiert, zum Beispiel über die möglichen Antriebstechniken. Aber sie erörtern auch allgemeine Fragen wie die nach der Zukunft der Erde und des Menschen sowie den Lebenschancen im Weltraum
PHOENIX, 9.00 Uhr
Wdh. um 18.30 Uhr

Mittwoch, 3. Januar

Planet Wissen:
Der Mond – Die Wiederentdeckung des Erdtrabanten
Im Jahr 2018 sollen auf dem Mond wieder Astronauten landen – so die Pläne der amerikanischen Weltraumbehörde Nasa. Die Sendung geht der Frage nach, was es mit den verschiedenen Verschwörungstheorien auf sich hat, nach denen die Mondlandungen niemals stattgefunden haben sollen. Studiogast ist der deutsche Astronaut Ulrich Walter
Bayern alpha, 16.15 Uhr
Wdh. am 4.1. um 6.15 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.
Mehr unter www.astronomie-heute.de/artikel/858152

EVENTS

14. und 21.1. Matinee-Veranstaltung: Der Himmel 2007 – ein astronomischer Streifzug durch das Jahr. Das Wiener Planetarium gibt einen Überblick über die außergewöhnlichen Ereignisse, die der Sternhimmel 2007 zu bieten hat, welche Sternbilder und Deep-Sky-Objekte Sie beobachten können, und welche Raumsonden zurzeit das Weltall erkunden
Termin: 14.1. und 21.1. 2007, jeweils 11.00 – 12.00 Uhr
Ort: Planetarium Wien, Oswald-Thomas-Platz 1, 1020 Wien, Österreich
www.planetarium-wien.at

14.–19.1. 6. AAG-Seminar »Praktische Astronomie« für Einsteiger – Einführung in die Technik und Methodik der astronomischen Beobachtung. Eigene Instrumente können mitgebracht werden. Tagungsräume und Unterkunft im Kurhotel Gornergrat
Ort: Gornergrat, Zermatt, Schweiz
Veranstalter: Astronomische Arbeitsgemeinschaft Gornergrat (AAG, www.gornergrat.de), Dr. W. E. Celnik, O. Guthier; Informationen und Anmeldung: Dr. W. E. Celnik, Graudenzer Weg 5, 47495 Rheinberg, E-Mail: werner.e.celnik@astrographic.de

10.2. 7. ATH – Astro-Treff Hückelhoven. Hier können Sie astronomische Geräte sowie astronomische Literatur und Ähnliches erwerben oder interessante Referate hören
Ort: Aula des Gymnasiums Hückelhoven (Eingang Dr. Ruben Straße)
Zeit: 10.00 bis 18.00 Uhr
Weitere Informationen:
www.astrogarten.de/ATH.htm

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die März-Ausgabe schicken Sie spätestens bis zum 15. Januar 2007 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

PRIVATE KLEINANZEIGEN

mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise:

bis zu drei Zeilen: 22,–€, jede weitere Zeile: 5,–€

Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter www.astronomie-heute.de/kleinanzeigen oder senden Sie sie wie gewohnt an:

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

Astrokalender 2007 von der Sternwarte Auersbach €10,–, astronomische und raumfahrttechnische Jahrestage, alle Aufnahmen von unserer Sternwarte. Bestellungen per E-Mail, Infos unter www.vulkanlandsternwarte.at, Günter Kleinschuster g.kleinschuster@trummer.or.at

Verkaufe Newton TAL 150 PM / 750 mm, mit Säulenstativ u. Motor/Trafo in orig. Kiste, 20-mm-Okular, Sonnenprojekt., Baader-Sonnenfilter, Tel. hat eine Top-Optik, wurde nur 3× ben., NP 789,– für 600,–, Dreyer Michael, Tel. 08123 991199 od. 0179 2974028 michi.dreyer@freenet.de

Meade LX90 8 Zoll inklusive Polhöhenwiege und Stativ, ca. 5 Jahre und nur 4-5 mal aufgestellt (wie neu)!!! Standort Österreich, VB 2500,–€, Manfred Hraba, Tel. 0043 272677022 fredi.flieger@hotmail.com

Canon-Winkelsucher C für DSLR mit Adapter für Ec-C und Ed-C sowie Lupenfunktion 1,25/2,5 zu verkaufen. Ungebraucht und originalverpackt. Preis: 90,–€, Anfrage per E-Mail: peter.hochauer@wittur.at

Astroteile Verkaufe: Newton-Spiegel, Durchm. 270 mm, f = 1,5 m, Fangspiegel und Rohr. Astrooptik HA Durchm. 90, f = 1,64 m; Alu-Rohr u. a. Bauteile; Astro-Okulare f = 8 bis 40 mm; Preise n. Absprache. Alois Kallenborn, Tel. 02620 793

Großfeldst. Miyauchi BJ-100iBF Fluorite-Apo, sehr guter Zustand, 2 Sonnenfilter (Glas), 4000€. Jarosch Bernhard, Messier.objekte@aon.at

IntesMicro MK1208 12-Zoll-f/12,5 De-luxe-Ausf., wenig benutzt, guter Zustand. Sucher, Lüfter, Schwalbenschwanzaufn., Laufgewichte etc., Details auf Anfrage. Neupreis 13000,–€; VB: 8900,–€. oliver.kruss-ucar@t-online.de

PLANETARIUM HH

HAMBURG-
DAS TOR ZUM WELTALL

Derzeit unter anderem im Programm:

IN DIE TIEFEN DES UNIVERSUMS

STERNE DER PHARAONEN –
GÖTTER, GRÄBER UND GESTIRNE AM NIL

UNENDLICHE WEITEN –
VOM URKNALL ZUR ERDE

FASZINATION WELTALL –
HUBBLES NEUER KOSMOS

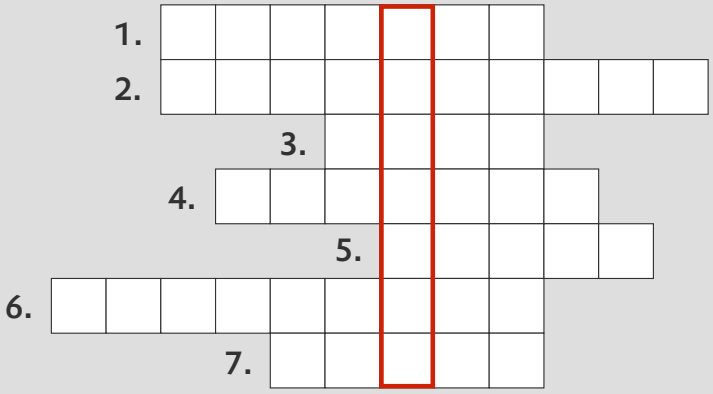
Unter der 21m-Sternenkuppel erwarten Sie 253 bequeme Liegesessel und ein weltweit einzigartiges Ensemble zur Simulation des Kosmos: ZEISS-Universarium 9, Evans&Sutherland DIGISTAR 3 mit digitaler 3d-Ganzkuppelprojektion, HB-Laser und Lobo TriDome-system sowie digitaler 5.1 Surround-Sound.

Planetarium Hamburg, Hindenburgstraße 1b, 22303 Hamburg, Karten unter Tel. 0 40 - 4 28 86 52 - 10, info@planetarium-hamburg.de, www.planetarium-hamburg.de

PLANETARIUM HAMBURG. DER HIMMEL AUF ERDEN.

Gewinnen Sie ein Baader-Okular-Set mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 2

1. Besonders junger Stern in einem der Wintersternbilder
2. US-amerikanische Sonde, die 1994 den Mond kartografierte
3. Bestandteil der String-Theorie: dynamische Objekte in einer höherdimensionalen Raumzeit
4. Werkstoff für Spiegelträger großer Teleskope
5. Preußischer Astronom, Entdecker des Uranus
6. Unscheinbares Sternbild am Südhimmel
7. Mythologische Figur, Vater der Plejaden



1. Preis: »Der Weltraum«, dreiteilige Serie, VHS

Eine erstklassige BBC-Dokumentation, die Ihnen das Universum ein Stückchen näher bringen wird. Präsentiert von Sam Neill (Jurassic Park). Drei Videokassetten, jeweils 60 Minuten Laufzeit. Polyband, München (www.polyband.de). Wert: zirka 50,–€

2.–5. Preis: Der Himmel 2007

Das kompakte und verständliche Jahrbuch aus der ASTRONOMIE HEUTE-Redaktion. S. Fischer Verlag, Frankfurt (www.fischerverlage.de). Wert: 12,95 €

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 1-2/2007, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg. Verwenden Sie nicht das Leserbriefformular auf der Webseite! Einsendeschluss ist der 9. 2. 2007. Zweiter Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird nachfolgend für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»Baader-Okular-Set«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe oben. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner dieses Teils stehen in der April-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 15. März 2007.

Preis des Superrätsels: »Baader-Okular-Set«

Hyperion-Reihe

www.baader-planetarium.de/hyperion/anleitung.htm

Die Hyperion-Okulare sind weltweit die einzigen, an denen Sie wahlweise 1¼- oder Zwei-Zoll-Filter am beziehungsweise im Okular anbringen können! Dadurch können Sie unter Umständen sogar die Brennweite variieren. Das Set aus sechs Okularen der Brennweiten 21, 17, 13, 8, 5 und 3,5 Millimeter wird unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben Dezember 2006, Januar/Februar, März und April 2007 verlost.

Wert: 699,–€

Lösung des Preisrätsels im November-Heft:

ORRERYS: Nachbauten des Planetensystems

			K	A	S	S	I	O	P	E	I	A	
G	O	L	D	E	N	E	R		H	E	N	K	E	L
				S	E	R	P	E	N	S			
			G	U	S	E	V						
						R	Ø	M	E	R			
				V	O	Y	A	G	E	R		2	
			C	A	S	S	E	G	R	A	I	N	

Gewinner:
Heidrun Sanke, Zeitz (Panoramakalender); Franz Bauer, Tuttlingen; Reinhard Dietrich, Bissersheim; Baris Selcuk, Köln (je ein Buch »Outer Space«)

Lösung des letzten Superrätsels:

ERIS: Seit der IAU-Versammlung in Prag offizieller Eigenname des Kleinplaneten 136199, früher bekannt als 2003 UB_{313} und unter dem Spitznamen Xena

				N	E	U	T	R	O	N
P	I	O	N	E	E	R				
				A	R	I	A	N	E	5
O	R	R	E	R	Y	S				

Gewinner des ETX-105:
Siegfried Hanke, Freiburg

Vixen Shuttle Scope 80S - 80/480 zweilinsiger Fraunhofer Achromat. Optischer Tubus mit Dreh-/Schiebefokussierer. Er erlaubt eine schnelle Einstellung von Unendlich bis 3 Meter. 1¼-Zoll-Okularklemme. Öffnung: 80 mm, Brennweite: 480 mm, Gewicht: 1,9 kg. NP 660 €. Zustand sehr gut, mit geringen Gebrauchsspuren am Tubus, Optik einwandfrei. Zubehör: original Transporttasche, Adapter von 36,4 mm auf T2. NP 17 €. Hochwertige und sehr stabile 1¼-Zoll-Ringklemmung für das M-36,4-Vixen-Gewinde, NP 30 €. Olaf Brozio olaf@brozio.de

TeleVue Big Barlow 2 Zoll in sehr hochwertiger Qualität, Verlängerungsfaktor 2×. Die Big Barlow arbeitet auch mit 2-Zoll-Okularen mit maximalem Feldblendendurchmesser ohne Vignettierung. Inkl. Reduzierung auf 1¼ Zoll. Zustand: wie neu, wurde kaum benutzt. Für 170 € inkl. versicherter Versand. Olaf Brozio olaf@brozio.de

18-Zoll-Dobson Verkaufe meinen 18-Zoll-f/4,5-Dobson, JMI-Focuser, Galaxy-Optics. Standort bei Wien, 3700,– € (Neuwert 7000,–) wak@gmx.at

8-Zoll-Dobson f=1000 mm, auf Rockerbox. Plössl 40 mm, Barlowlinse 2×, LV Okular 9 mm, Mondfilter, Justierokular, Telrad-Finder, LED-Astroleuchte, Anleitungen, Originalverpackung. Neuwertig, da wenig gebraucht. Neupreis 795,– €, VB 350,– €. Klaus Suttner Tel. 07552 5151 klaus.suttner@web.de

Zeiss-Raritäten aus jahrzehntelanger privater Sammlung: Zeiss-Teleskope, von Fraunhofertyp bis APQ, T, TM, 1-,1b-Montierung, Stative, Säulen, Okulare, Revolver, Zubehör und vieles mehr abzugeben; von antik, anfangs 1900 mit Seriennummer 1562, bis letztes Zeiss-Design von 1994. Vielleicht eine der letzten Quellen, um ein komplettes, legendäres Carl-Zeiss-Jena-Fernrohr zu erwerben oder sein Instrument zu vervollständigen; das legendäre Zeiss-Teleskop; eine Wertanlage fürs Leben. Fragen bitte an: zeiss-teile@web.de

Astroshop.de
3000 Artikel - alles online!
www.Astroshop.de

Stand: Juli 2006

Sucher & Okulare Meade-Sucher 8×21 gerade. 1¼-Zoll-Okulare: Meade Plössl 6,7 mm, Vixen Plössl 9,5 mm, Ortho 18 mm, Bresser Plössl 12,5 mm, TS Plössl 30 mm. Preis VB je 15 € + Versand. Tel. 0171 2028432

Siberia 150 PM (Baader) 150/750 mm Newton kompl. Mont./Motor, Okulare u. Zubeh. 2 ½ Jahre € 650,– NP f. VB € 450. PLZ 45 Tel. 0171 5712081

Foto-CD mit über 1000 eigenen Astrofotos zu Gunsten der Kindernothilfe zu verkaufen für € 18,– sowie gute Originaldias (MoFi, Mondkrater, Jupitermonde usw.) auf VHB. Fotos und E-Mail siehe www.martin-wagner.org

Spiegelteleskop Tasco-Newton-Reflektor m. Holzstativ, Nachführmotor, stab. Mont., F = 900mm, D = 114mm, 3 Kellner-Okulare, Barlowlinse (2×), div. Filter. NP 1700 DM, VB 350 € StefanSchwarting@web.de

TAL2M – Siberia 150 + 60/800 Dennis Rybaczyk Tel. +41 (0)41 6605736 d.ry@gmx.de

Zeiss-Astroteleskope-Sammlung Die Geschichte der Amateur-Astrogeräte von Carl Zeiss Jena – Astroteleskope – Sammlung für Museen, Sternwarten, Teleskop-Firmen und Liebhaber von höchster optischer u. handwerklicher Qualität mit Sinn für Geschichte. Einmalige Astroteleskop-Sammlung vom musealen Refraktor von 1910 bis zum Zeiss-Design von 1994, einschl. original Zubehör, nur komplett abzugeben. Jakob Denk denk_jakob@web.de

Celestron C11 Go-to C11 S XLT Go-to Advanced, 40000 Objekte, Sucher 8×50mm, GPS Celestron für C11, Kamera CCD Meade DSI, Celestron NexRemote, Brennpunktreduktor f 6/3 für SCT, Celestron LPR Filter für SCT, Celestron Anti-schwingunterlagen, Thousand-Oaks-Taukappe mit Steuerung für 4 Widerstände, Heizwiderst. für 280 mm u. Batterie Celestron Power Tank 17A, Teleguizmos Schutzhaube für Teleskop, Bob's Knobs für C11, ScopeBuggy. Alles absolut neuwertig, gekauft für 4900 €, wegen Umzugs für 2400 €. Tel. 00352 54 0322 oder Tel. 00352 621 271267 Daniel Simion dsimion@pt.lu

Star Observer Ausgaben Mai 1997 bis September 2005 (vollständig, 84 Hefte), neuwertig, € 100,–. Dr. Sabine Vollenhofer-Schrumpf Tel. +43 2624 52325 s.vollenhofer-schrumpf@inode.at

ETX Miltenberg Suche Gleichgesinnte zum Erfahrungsaustausch und gelegentlichen Treff. Franz Stratmann etx-miltenberg@arcor.de

Antonín Rükls Mondatlas gut erhalten gesucht. Zahle angemessenen Preis und Porto für die Zusendung. S. Hanke, Wannerstr. 10, 79106 Freiburg. Tel. 0162 7125424

Professionelles Digitalkameratuning
Teleskopreparaturen
www.optik-makario.de

2. Internationale Astronomie-Messe AME2007

Erneut mit zahlreichen Ausstellern aus dem In- und Ausland und einem attraktiven Rahmenprogramm.

Wann? 22. September 2007
Wo? 78054 VS-Schwenningen, Messegelände, 6000 kostenlose Parkplätze vor Ort.
Fragen? Tel.: 0741 2706210, E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

O.S.D.V.
Göttker/Pietsch GmbH
Herbert-Wehner-Str. 1
59174 Kamen
Tel. +49 (0) 23 07 / 970 - 137 & 138
Fax +49 (0) 23 07 / 970 - 139
www.osdv.de · info@osdv.de

VORSCHAU

M 78 im Orion

(oben) und NGC 2071 (rechts) werden Sie im Okular kaum so prächtig sehen wie auf diesem Foto. Aber wir verraten Ihnen, wie Sie Ihre Deep-Sky-Beobachtungstechnik verbessern können, um bei diesen Objekten wenigstens einige Details zu erkennen

LINKS: NOAO; RECHTS: WEIQUN ZHANG & STAN WOOSLEY

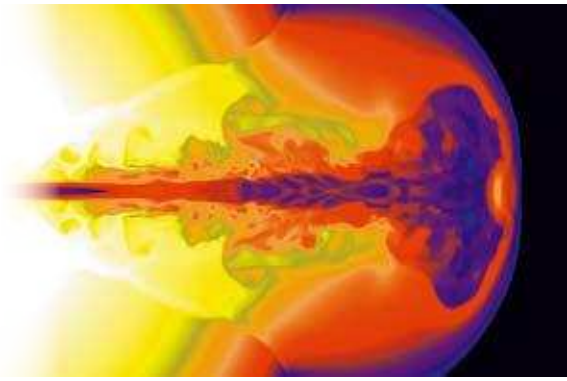
NIGHT SKY, GARY SERONIK

Guter Mond …

Meist beschränkt sich unser Beobachtungstipp auf eine bestimmte Mondphase. Doch im nächsten Heft führen wir Sie durch den kompletten Monat!

GRBs im Supercomputer

Gamma-Ray Bursts sind die gewaltigsten Explosionen im All. Um sie zu verstehen, simulieren Forscher diese Phänomene mit Großrechnern



IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Marc Grove, Anke Heinzelmann, Claus Schäfer,
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Clemens Bayer, Stephanie Hügler, Corinna Karow, Alexander Kerste, Carolin Konermann, Dr. Monika Maintz, Maike Pollmann, Dr. Sven Titz
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.

Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, 38104 Braunschweig
Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 90 Sherman St., Cambridge, MA 02140, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.